

## L'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1

### Ecole Doctorale Neurosciences & Cognition (ED 476 NSCo)

Thèse présentée par

**Pauline FERNANDEZ**

pour l'obtention du grade de docteur

(arrêté du 7 août 2006)

## **LA PERCEPTION DES ENVIRONNEMENTS LUMINEUX DE CHAMBRES D'HOTEL**

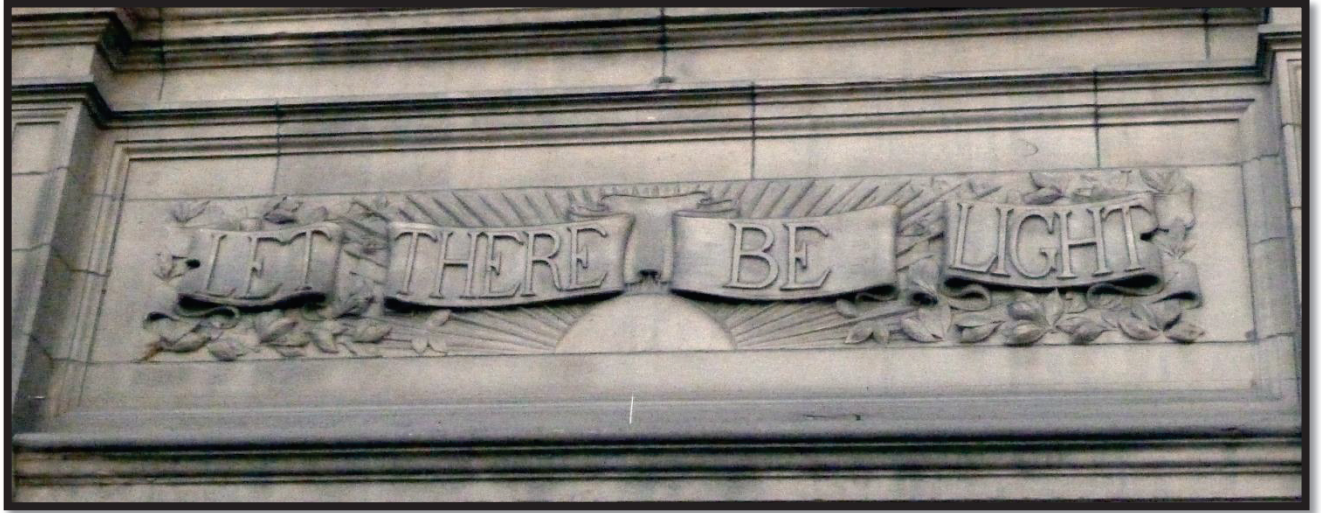
**Effets de l'éclairage, de l'usage et des caractéristiques individuelles  
sur le jugement d'appréciation en situation réelle**

soutenue publiquement le **09 novembre 2012**

à l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat

Dr. Magali BODART	<i>Architecture et Climat, Université catholique de Louvain la Neuve (Be)</i>	Rapporteur
Pr. Laurence SCHACHER	<i>Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs Sud Alsace (Fr)</i>	Rapporteur
Dr. Ophélie DEROY	<i>Institute of Philosophy, University of London (Uk)</i>	Examineur
Dr. Dominique DUMORTIER	<i>Ecole Nationale des Travaux Public de l'Etat (Fr)</i>	Examineur
Pr. Rémy VERSACE	<i>Institut de Psychologie, Université Lyon 2 (Fr)</i>	Examineur
Pr. Marc FONTOYNONT	<i>Danish Building Research Institute, Aalborg University (Dk)</i>	Directeur de thèse
Dr. Agnès GIBOREAU	<i>Centre de Recherche de l'Institut Paul Bocuse- Université Lyon 1 (Fr)</i>	Directeur de thèse





*Bibliothèque Centrale Andrew Carnegie, Edinburgh, Ecosse.*





*Nous y sommes!*

*Ces quelques pages, pour vous qui commencez la lecture de ce manuscrit, donneront un premier aperçu des personnes qui ont hautement contribué à la réalisation de ce travail de 3 ans et quelques mois. Pour moi, ces pages sont synonymes de la fin d'une belle expérience à l'interface des mondes des travaux publics, de la psychologie, de l'hôtellerie. Quelle expérience !*

*Maintenant, voici venu le temps des rires et des chants, certes, mais surtout des Remerciements.*

*Avant toute chose, je rappellerai que puisque l'ordre d'apparition des items dans un discours oral (cf. chapitre 6 par exemple...) ou écrit reflète une certaine hiérarchie dans l'importance accordée à chacun d'eux, pour moi, il faudrait TOUS vous placer au rang 1.*

*Merci à chacun. Sans vous, cette page n'existerait certainement pas.*

*Je remercie Agnès GIBOREAU et Marc FONTOYNONT pour avoir si patiemment encadré ce travail, chacun dans votre discipline, à l'écoute ; de m'avoir donné l'opportunité de mener à bien ce travail. Merci pour la qualité de vos critiques et remarques, votre rigueur.*

*Je remercie également les membres du jury qui m'ont fait l'honneur d'accepter de rapporter ce travail : Magali BODART, Laurence SCHACHER. Je remercie également Ophélie DEROY, Dominique DUMORTIER et Rémy VERSACE pour avoir accepté d'apporter un regard critique en examinant mon travail.*

*Je tiens particulièrement à remercier M. Philippe TAKACS, DOP Mercure Rhône Alpes et M. FLEURY, directeur de l'Institut Paul Bocuse, pour m'avoir donné l'opportunité d'investir la Chambre Dédicaces comme lieu d'expérimentations. M. Takacs, merci pour votre soutien, votre confiance, vos nombreux encouragements.*

*Je remercie M. Frédéric GUEDON, Mme Sylvie COMBES d'avoir accepté que j'investisse la Chambre Dédicaces comme lieu d'expérimentations. Merci pour votre confiance et votre considération, de m'avoir donné tous les moyens nécessaires à la mise en place de ce programme de recherche. Je tiens à adresser mes remerciements à M. Patrick SAVOUREY, directeur Marketing Accor et M. Jacques BOLZE, directeur Technique Accor pour votre regard critique constructif au fil des réunions d'avancement.*

*Je remercie également les directeurs d'hôtel et leurs équipes qui ont eu l'extrême gentillesse d'ouvrir leurs portes et de me permettre d'importuner.... d'interroger leur clientèle au nom de la Science. M. Patrick GAINIER, Mme Isabelle DIDIER et leur merveilleuse équipe à la réception de l'Hôtel Royal, M. VERNAY, hôtel Mercure Lyon Lumière. Je tiens à adresser un immense MERCI à M. Didier CINQUEUX, François FEVRIER, et l'équipe à la réception, Any, Nelly, Jean Baptiste, Elodie, Virginie pour m'avoir supportée tous les soirs pendant presque 1 an ; pour votre soutien, encouragement, aide, accueil, disponibilité, amabilité... Quelle équipe ! Un réel plaisir de venir chaque soir chez vous ! Merci aussi pour les grenadines !*

*Je tiens également à remercier l'ensemble des partenaires industriels qui se sont associés à ce programme de recherche. J'ai vraiment apprécié nos échanges, votre disponibilité et enthousiasme, surtout votre bonne volonté à concevoir les 19 scénarios d'éclairage de cette fameuse chambre expérimentale, équipée entièrement*

*LED, en blanc chaud et blanc froid, gradable, commandés à distance... autant d'investissements pour une seule et unique chambre pilote.*

*Je tiens à remercier M. Bernard CARTOUX, M. Gilles VIDALENCHE, Schneider Electric, pour votre pragmatisme, votre disponibilité et la pertinence de vos remarques dans l'avancement du projet.*

*Je remercie également Mme Christelle GRANIER, Somfy, pour votre confiance et votre enthousiasme mis à disposition pour ce projet. Ce fut un réel plaisir d'échanger, de communiquer, de partager avec vous à chacune de nos rencontres aux réunions et différents salons.*

*Je remercie M. Antoine SANCHEZ, Nadine RAVARINI, Denis CARCAGNE pour la qualité (et la quantité) du matériel fourni.*

*Merci aussi aux 323 individus/sujets/usagers/clients/(cobayes), qui ont bien voulu sacrifier 1 heure (parfois plus, bon, parfois moins...) de leur temps si précieux durant leur séjour à l'hôtel.*

*J'adresse aussi mes remerciements à Danièle DUBOIS, Catherine ROUBY, Françoise VIENOT, Steve FOTIOS, Mike POINTER pour vos conseils, critiques, remarques échangés au fil de ce projet lors de réunions, congrès, séminaires... Merci pour votre aide.*

*Je ne pourrai oublier de remercier les personnes qui m'ont aidée pendant la phase expérimentale, qui elles aussi, ont vaincu leur timidité pour aller au devant du client, dès leur arrivée en réception, pour leur proposer de participer à une étude dans le cadre des rénovations de la chambre Mercure, Il s'agit de nous donner votre avis sur le nouveau concept de chambre, cette étude ne dure qu'une trentaine de minutes, évidemment à adapter en fonction de votre disponibilité, etc. .... Merci Cécile VANEL, et MERCI GAELE !!*

*Je remercie aussi la fine équipe du Centre de Recherche de l'Institut Paul Bocuse. Malgré tout ce qu'on a pu dire sur le travail en open space, j'ai passé de bons moments en votre compagnie, rendant le quotidien du thésard beaucoup plus digeste ! Merci Giada, bravo pour ta patience d'avoir supporté ma moue au quotidien, Morizet et tes Carottes-Brocolis, Philomène, Xavier, Clémentine, Olivier, Stéphane, Virginie, Laure, La Reine d'Angleterre, Miss Patate Chaude, Carole, Camille, Rémy, Laura et tous les stagiaires et étudiants M1- M2 pour m'avoir fait réciter mon cours d'analyse sensorielle lors de vos entretiens !*

*Merci aussi aux collègues de l'Institut Paul Bocuse, Chefs et personnel administratif pour votre intérêt à suivre l'avancée de mon projet. Je tiens particulièrement à remercier Fabienne, Souad, Dorine et Mme VIAL pour m'avoir écoutée avec intérêt vous raconter l'avancée de ce programme de recherche. Ce fut un réel plaisir de partager avec vous les différents moments qui ont marqué cette expérience.*

*Merci aussi à la bonne ambiance chez les ingénieurs TPE ! Merci particulièrement à Céline VILLA, pour la pertinence de tes remarques et ton soutien dans les bons et PIRES moments ! Tu es formidable ! Merci aussi à Thierry SOREZE pour ton aide, Pascale, Sophie de m'avoir éclairée de vos lumières, et puis tous les collègues,*

*Julio, Philippe, Cyrille, Andréa (impossible d'oublier nos tête à tête au RU !!) Monique, Marie Claude, Raphaël, Manolis, Nikolaus, Arnaud, Joachim, Mathieu, Cathy.*

*MERCI à la dream team BERNARD PIVOT qui a lu, relu et lu à nouveau et lu encore une fois pour vérifier, ce manuscrit. Un énorme MERCI à MA MERE toujours disponible avec le sourire ! Promis tu auras ta médaille !*

*Je voudrais également remercier le PDG de LA plus fameuse des entreprises : DEMEFER, Mario FERNANDEZ, merci pour vos bons et loyaux services en déménagements, horloge parlante, cellule de soutien psychologique, toujours disponible à n'importe quelle heure du jour et de la nuit. C'est un régal de traiter avec vous. A présent, merci de bien vouloir songer à vous implanter à l'international...*

*Un grand MERCI à mon Tonton, à ma Mamie, à mes cousins cousines, à ma sœur! Maintenant que mon « livre » est terminé, il ne reste plus qu'à vous en souhaiter bonne lecture !! Merci de m'avoir écoutée au bout de votre téléphone, de m'avoir donné la force de poursuivre mes efforts ! Merci aussi pour l'adresse dans les Cévennes! Je reviendrai !!*

*Je tiens aussi à remercier ceux qui m'ont subie pendant ces 3 ans au quotidien, merci les colocs, Emma, Manue, Louis, Amandine. Merci pour les bons moments passés ensemble. Bon, c'est quoi le prochain thème de la soirée et surtout c'est quand la prochaine soirée !?!*

*Merci les copains de la vie, Julie, Marion, Kelly, Clément, Raph ; les vrais copains, Did, Djé, Ralph, Yann, Momo, que c'est bon de vous retrouver !; et les nouvelles recrues qui m'ont supportée, écoutée, conseillée, épaulée, changé les idées, accompagnée, fait rire.... Promis je redeviens la vraie Pauline très vite !*

*Et quelques pensées qui auront marqué et motivé la conduite de cette thèse. Merci.*

*« Je pense que si cette thèse ne te rendra pas le fruit de tous tes efforts, tu auras au moins cette faculté à aller au bout de toi-même, et rien que ça, on devrait tous en faire une ». FG ho 32ans.*

*Enfin, Merci la Thèse parce que quand même, on en a fait du chemin toutes les deux !*

Gratitude.



## Valorisation du travail de thèse

---

### Articles dans revues à comité de lecture

Fernandez, P., Giboreau, A, Fontoynt M. Contribution of lighting to the customer's comfort in hotel rooms: results of a field study. *Psychology & Marketing*. Submitted

Fernandez P., Soreze T., Fontoynt M., Giboreau A. Lighting quality assessment in hotel rooms: results of image-based analysis by a panel of observers. *Journal of Environment Psychology*. Submitted

Fernandez, P., Giboreau, A, Fontoynt M. Relation between preferences of luminous environment and situations experienced by users. A hotel case study. *Environment & Behavior*. Submitted

Fernandez, P., Giboreau, A, Fontoynt M. A three steps methodology to design lighting in hotel rooms through a user centered approach. Work in progress

### Communications Orales avec article dans les actes

Fernandez, P., Giboreau, A, Fontoynt M. 2010. Perception of Light in the hospitality industry: From perception of customers to the conception of lighting. 2nd CIE Expert Symposium on Appearance : When Appearance meets Lighting . . . Gent, Be (Sept. 2010)

Fernandez, P., Giboreau, A, Fontoynt, M. 2011. Lighting quality conception and assessment in the hospitality industry – Results of an exploratory study I-CHLAR 2011 – Lyon , Fr (Juin 2011)

Fernandez, P., Giboreau, A, Fontoynt, M. 2012. A three steps method to design lighting in hotel rooms through a user centered approach. Experiencing Light 2012: International conference on the effects of light on wellbeing. Eindhoven, NL. (Nov. 2012)

### Communications orales invitées

Fernandez, P., Fontoynt, M., Giboreau, A. 2009. L'évaluation de la lumière : Application à l'hôtellerie. Les Ateliers du Sensolier. Paris, Fr, (Nov. 2009)

Fernandez, P., 2010. The issue of lighting: An exploratory survey. Perceiving wellness in hospitality: The new requirements of hotel guests: towards more comfort and well-being. 37th General Assembly, Biarritz, Fr, (Avril 2010)

Fernandez, P., Fontoynt, M., Giboreau, A. 2010. La lumière en hôtellerie : De la perception clients à la conception de l'éclairage. Journée des Franchisés Mercure, Dijon, Fr (Mai 2010)

Fernandez, P., Giboreau, A, Fontoynt, M 2010. La contribution de la lumière à la perception du confort d'une chambre d'hôtel. Colloque CIE-France AFE. Paris, Fr (Nov. 2010)

Fernandez, P. 2012. La perception de l'éclairage en hôtellerie : Étude de la contribution de l'éclairage à l'évaluation globale d'une chambre d'hôtel par ses usagers. Assemblée Générale Sens&Co. Paris, Fr (Avril 2012)

Fernandez, P. 2012. La perception des environnements lumineux de chambres d'hôtel : Une approche centrée sur l'utilisateur en situation virtuelle et en situation réelle. Les Ateliers du Sensolier, Dijon, Fr. (Juin 2012)

Fernandez, P. 2012. Etude des différences liées aux caractéristiques individuelles dans l'appréciation d'environnements lumineux d'une chambre d'hôtel. 10e Journée du Sensolier. Paris, Fr (Oct. 2012):

#### **Communications affichées avec article dans les actes**

Fernandez, P., Giboreau, A, Fontoynt M. Lighting quality assessment in hotels- results of an exploratory study. CIE Conference 2010, Lighting Quality and Energy Efficiency. Vienne, At (Mars 2010).

Fernandez, P., Giboreau, A, Fontoynt, M 2012. Relation between preferences of luminous environment and situations experienced by users. A hotel case study. 3th Conference: Perception 2012. Edinburg, Sco. (Avril 2012).

#### **Communications affichées avec résumé dans les actes**

Giboreau A., Bayet-Robert P., Danesi D., Fernandez P., Hugol-Gential C. & Morizet D. *How could complementary concepts and methods contribute to a better understanding of the pleasure of eating?* 8<sup>th</sup> Pangborn Symposium, Florence, It (Juin 2009).

#### **Prix**

Prix de thèse Sens & Co 2012

# Tables des Matières

---

<i>Remerciements.....</i>	<i>I</i>
<i>Valorisation du travail de thèse .....</i>	<i>V</i>
<i>Table des matières .....</i>	<i>VII</i>

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

---

<b>PARTIE 1 LA RELATION ENTRE L'INDIVIDU ET SON ENVIRONNEMENT LUMINEUX.....</b>	<b>5</b>
---	----------

---

CHAPITRE 1 : DETECTER un signal lumineux.....	13
---	----

1. Définition d'un environnement lumineux.....	14
--	----

1.1. La photométrie de la lumière blanche : principes généraux .....	15
--	----

1.2. La colorimétrie de la lumière blanche : principes généraux.....	17
--	----

1.3. La mesure instrumentale de l'environnement lumineux : le diagnostic photométrique .....	21
--	----

2. Voir un environnement lumineux, le traitement de l'information sensorielle .....	24
---	----

2.1. Les photorécepteurs du signal lumineux.....	24
--	----

2.2. Un bagage physiologique spécialisé .....	26
---	----

2.2.1. La fenêtre du visible.....	26
-----------------------------------	----

2.2.2. Un champ visuel restreint .....	27
--	----

2.2.3. Un bagage physiologique dégradé au cours de la vie .....	28
---	----

2.3. Mesurer la sensation : les réactions physiologiques à la lumière .....	29
---	----

CHAPITRE 2 : DECRIRE un environnement lumineux.....	33
---	----

1. La description de l'environnement extérieur au bâtiment, selon Stephen Kaplan (1987) .....	35
---	----

2. La description de l'environnement intérieur, selon Rikard Küller (1992) .....	37
--	----

3. La description de l'environnement lumineux, selon John E. Flynn (1977) .....	40
---	----

4. La description de l'atmosphère, selon Ingrid Vogels (2008) .....	47
---	----

5. La description des environnements lumineux à partir des effets engendrés sur le comportement, selon Igor Knez (1995) .....	49
---	----

CHAPITRE 3 : EVALUER un environnement lumineux.....	53
---	----

1. L'influence des paramètres photométriques sur l'évaluation des environnements lumineux... 54
---

1.1. L'influence de la quantité de lumière.....	55
---	----

1.2. L'influence de la température de couleur .....	59
---	----

1.3. L'influence combinée de la température de couleur et de la quantité de lumière.....	63
--	----

2. L'influence du contexte sur l'évaluation des environnements lumineux.....	69
--	----

2.1. L'influence du contexte .....	69
2.2. L'influence des usages dans un même contexte .....	71
<b>3. L'influence des caractéristiques inter-individuelles dans l'évaluation des environnements lumineux.....</b>	<b>76</b>
3.1. L'influence du genre .....	76
3.2. L'influence de l'âge.....	76
3.3. L'influence du profil émotionnel : la Mesure de l'Intensité Affective .....	77
<b>Chapitre 4 : PROBLEMATIQUE .....</b>	<b>83</b>
<b>PARTIE 2 L'ENVIRONNEMENT LUMINEUX DE CHAMBRES D'HOTEL : EXPERIMENTATIONS.....</b>	<b>89</b>
<b>CHAPITRE 5 : Les représentations EN MEMOIRE de la lumière en contexte hôtelier .....</b>	<b>91</b>
1. Introduction.....	92
2. La contribution de l'éclairage à la satisfaction client (Article 1) .....	94
3. Conclusions : Six situations de vie à mettre en lumière.....	114
<b>CHAPITRE 6 : Evaluation d'environnements lumineux par les usagers de chambres d'hôtel en SIMULATION .....</b>	<b>117</b>
1. Introduction.....	118
2. Les paramètres influençant l'évaluation d'un environnement lumineux (Article 2) .....	123
3. Les différences inter-individuelles dans l'évaluation des environnements lumineux.....	148
3.1. Comparaison des préférences des groupes d'observateurs .....	149
3.2. Caractérisation des groupes d'observateurs .....	151
4. Discussions méthodologiques : l'influence de la question .....	153
5. Conclusions : Sélection des paramètres pertinents pour la conception du dispositif expérimental en situation réelle.....	157
<b>CHAPITRE 7 : Evaluation d'environnements lumineux par les usagers de chambres d'hôtel en SITUATION REELLE .....</b>	<b>161</b>
1. Introduction.....	162
2. Influence des usages et des usagers sur la perception des environnements lumineux (Article 3) .....	168
3. Discussions méthodologiques .....	192
3.1. Comparaison du jugement d'appréciation en fonction du mode de questionnement .....	192
3.2. Analyse sémantique du discours relatif à la perception des environnements lumineux .....	197
4. Conclusions : la perception de l'environnement lumineux en situation réelle influencée par les paramètres de l'éclairage, les situations d'usage et les caractéristiques inter-individuelles .....	204



---

<b>PARTIE 3 DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE .....</b>	<b>205</b>
<hr/>	
1. <i>Contribution à l'étude de la perception des environnements lumineux de chambres d'hôtel.</i>	206
1.1 Les paramètres de l'éclairage : la quantité de lumière et la température de couleur .....	207
1.2. Les usages : les situations de vie .....	211
1.3. Les usagers : les différences inter-individuelles .....	214
2. <i>Contribution méthodologique à l'étude de la perception des environnements lumineux en</i> <i>contexte hôtelier .....</i>	218
2.1. Le recueil du jugement d'appréciation.....	218
2.2. Une méthodologie en 3 phases centrée sur l'individu .....	220
2.3. Retombées opérationnelles .....	222
3. <i>Conclusion générale .....</i>	226
 ANNEXES .....	 229
 TABLE DES ILLUSTRATIONS .....	 257
 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	 261



## Introduction générale

La question de la contribution de l'éclairage à la qualité d'un environnement intérieur n'est pas nouvelle. Depuis la bougie jusqu'à la LED (*Lighting Emitting Diode*), l'évolution des technologies a entraîné une remise en question récurrente de la manière de s'éclairer en fonction des performances offertes par les nouvelles générations de lampes. L'apparition des lampes à fluorescence dans les années 1950 a contribué à augmenter la quantité de lumière dans les bâtiments et ainsi améliorer le confort visuel des usagers. Aujourd'hui, l'intérêt est de favoriser la qualité à la quantité de lumière dans les espaces. La demande de plus en plus importante de conception d'environnements confortables favorisant le bien-être de l'occupant nécessite le développement des performances des technologies, mais également de mieux comprendre les besoins physiologiques et psychologiques des usagers dans les différents contextes où l'éclairage intervient.

En ce qui concerne le secteur de l'hôtellerie, les enjeux principaux sont de créer une identité propre à chaque établissement pour contribuer au principe de reconnaissance et de fidélisation de la clientèle, de garantir un confort irréprochable à une clientèle de plus en plus exigeante et de plus en plus amenée à fréquenter les établissements hôteliers. Pour répondre à cela, il est d'usage d'adapter la mise en lumière d'un hôtel à son positionnement et à la politique commerciale de l'établissement, de la même façon que l'éclairage d'un commerce est lié à sa politique de vente (Association\_Française\_de\_l'Eclairage, 2001). L'apparition de la technologie LED qui décuple à l'infini les possibilités d'éclairage (Mottier, 2008), est une véritable opportunité pour les professionnels de l'hôtellerie soucieux de concevoir des ambiances uniques qui leur permettront de se distinguer des établissements concurrents en créant des ambiances lumineuses d'autant plus variées et adaptées à l'image que souhaite véhiculer l'hôtel. En ce qui concerne la prise en compte du confort du client, l'extrême flexibilité de la technologie LED offre la possibilité à l'hôtelier de proposer des environnements lumineux adaptés à chacun des besoins de la clientèle. Dès lors, de nombreuses solutions d'éclairage ont vu le jour avec notamment la possibilité de scénariser des ambiances lumineuses, variables en termes de teintes et de quantité de lumière au fil de la journée, pilotées par des systèmes de commandes intelligents et automatisés. A ce jour, le développement d'une telle technologie est le plus souvent fondé sur la volonté des sociétés, sans considération spécifique ou

consultation préalable des véritables usagers de ces nouveaux espaces, la clientèle hôtelière elle-même.

Par ailleurs, le Sénat français a publié en 2007 des chiffres sur la consommation des ménages dédiée à l'éclairage. Tous usages confondus, l'éclairage consomme quelques 10% de l'électricité produite<sup>1</sup>. Or si l'on en croît ces spécialistes, un tiers de l'énergie consacrée à l'éclairage pourrait être économisée si les usagers changeaient leurs habitudes. Des auteurs montrent que les personnes qui se disent avoir un comportement écologique ne sont pas celles qui font le plus d'économie d'énergie (Gatersleben, Steg, & Vlek, 2002). De façon générale, les usagers manquent de connaissances globales sur le fonctionnement et l'usage de la technologie en lien avec la lumière. Cependant, les faibles connaissances disponibles à ce sujet affectent leur comportement (Veitch, Gifford, & Hine, 1991). Pour les autorités, il s'agirait simplement de passer des lampes incandescentes aux tubes fluorescents et des lampes fluo-compactes à l'éclairage à LEDs. Pour ce faire, la plupart des pays occidentaux, l'Australie d'abord, puis la Californie aux Etats-Unis ont annoncé la suppression des sources incandescentes sur leur territoire respectivement en 2010 et 2011. Les Etats-Unis, en décembre 2007, ont promulgué une même interdiction prenant effet à partir de 2012-2014 (Mottier, 2008; Zuppiroli & Bussac, 2009). Les pays Européens au travers de la directive EuP 2005/32/EC (exigences en matière d'éco-conception applicables aux produits consommateurs d'énergie) notamment, ont fixé de nouveaux objectifs particulièrement faibles de consommation maximale de bâtiments neufs (50 KWh/m<sup>2</sup>/an en énergie primaire), correspondant à une réduction d'un tiers à un quart des consommations courantes des bâtiments. Pour ce faire, les autorités ont entamé un programme voué au bannissement progressif des lampes énergivores selon un calendrier s'échelonnant de septembre 2009 jusqu'en septembre 2016.

Le secteur de l'éclairage connaît alors une révolution technologique majeure. Les codes et standards internationaux doivent être révisés en intégrant une nouvelle méthode de caractérisation de la qualité lumineuse, une méthode qui doit être acceptée au niveau international. Cette nouvelle méthode est indispensable car les modèles actuels de qualification des environnements lumineux sont restreints aux seules performances visuelles et limitent considérablement les réflexions sur les manières de satisfaire davantage les usagers avec des quantités de lumière réduites.

Or des questions de fond doivent être résolues au préalable. Quel est l'impact de telles contraintes énergétiques et choix technologiques sur le confort des usagers de ces nouveaux espaces ? Nous souhaitons mieux comprendre les critères contribuant positivement et/ou négativement au « confort » perçu par les usagers, ici le client de l'hôtel, et le rôle de l'éclairage dans l'évaluation du

---

<sup>1</sup> Rapport du Sénat Français, Approvisionnement électrique : l'Europe sous tension, Paris, Octobre, 2007

confort par ces usagers. Ce contexte conduit à une confrontation de propositions sur les méthodes et modèles permettant de caractériser la qualité des environnements lumineux dans le bâtiment. L'enjeu est d'établir des corrélations entre le ressenti exprimé par les usagers (impression de confort, d'accueil, de modernité, de fonctionnalité, perception du standing, etc.) et les paramètres physiques mesurables (répartition des luminances dans le champ visuel, contrastes lumineux et contrastes de couleur, etc.) pour pouvoir concevoir des environnements lumineux adaptés aux attentes d'une clientèle hôtelière.

C'est dans ce contexte qu'est né ce projet de recherche lors de discussions entre le Laboratoire des Sciences de l'Habitat à l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat et le Centre de Recherche de l'Institut Paul Bocuse. Deux laboratoires de recherche dont les compétences et savoir-faire complémentaires ont été associés afin de mieux comprendre la perception des environnements lumineux en hôtellerie. En effet, le Laboratoire des Sciences de l'Habitat (LASH), à l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE), spécialisé dans le domaine de l'ingénierie, développe des outils et conduit des programmes de recherches notamment sur les problématiques de réduction de la consommation d'énergie à envisager sans détériorer le confort des occupants dans les bâtiments. Plus généralement, le laboratoire a pour objectif la recherche de solutions performantes en matière d'environnement urbain, dans les domaines du confort thermique, visuel, acoustique et de la qualité de l'air, au travers des méthodologies centrées sur l'objet. La volonté du laboratoire est de compléter ses connaissances dans la compréhension des jugements perceptifs des occupants afin de mieux répondre à leurs besoins. Le Centre de recherche de l'Institut Paul Bocuse, dédié à l'étude des relations entre l'homme et son alimentation, développe un savoir-faire et des connaissances opérationnelles pour les entreprises du secteur de la restauration et de l'hôtellerie en s'appuyant sur la rencontre de deux mondes, celui de l'hôtellerie et de la restauration et celui des sciences et de la recherche, pour mieux comprendre la perception du consommateur. Plus spécifiquement, le Centre de recherche propose de compléter les dispositifs de recherche existants dans une approche pluridisciplinaire et collaborative, en s'intéressant en priorité aux mécanismes de choix, d'usage et de perception.

Notre programme de recherche a alors rassemblé des partenaires industriels intéressés par la conception d'environnements lumineux d'un secteur concurrentiel et peu étudié, celui de l'hôtellerie, œuvrant dans des secteurs industriels complémentaires :

- Schneider Electric, pour la commande et le pilotage de l'architecture électrique du bâtiment,
- Somfy, pour la gestion de l'éclairage naturel au moyen de systèmes occultants motorisés
- Philips Lighting, pour la gestion de l'éclairage artificiel
- Accor et sa marque d'hôtel 3 et 4 étoiles Mercure.

Le présent document fait état du travail effectué dans le cadre de ce projet de recherche. Il se décline en trois parties.

La première partie dresse un état des connaissances nécessaires à l'étude de la perception des environnements lumineux selon différents niveaux d'interprétation de l'information qui composent l'expérience perceptive. **Le premier chapitre** est consacré au premier niveau d'interprétation, la *détection* du signal physique où nous définissons le signal physique lui-même ainsi que le bagage physiologique permettant à l'individu de capter l'information. **Le deuxième chapitre** fait état des connaissances relatives aux méthodes utilisées en psychologie environnementale pour étudier la *description* subjective de l'environnement par ses usagers. **Le troisième chapitre** dresse le bilan des études dédiées à l'*évaluation* des environnements lumineux et des paramètres qui influencent le jugement d'appréciation. Le **quatrième chapitre**, sur la base des connaissances rassemblées dans chacun des chapitres précédents et compte tenu des demandes opérationnelles, expose la problématique de ce projet de thèse, autrement dit, les questions de recherche auxquelles ce projet de recherche souhaite répondre.

La deuxième partie de ce manuscrit est dédiée aux expérimentations de notre projet.

Notre projet de recherche étant décliné en trois phases, chacune d'elles faisant l'objet d'un chapitre. Ainsi **le cinquième chapitre** correspond à la phase exploratoire de notre projet de recherche, dont les objectifs sont de mettre en évidence la représentation en *mémoire* de la lumière par les usagers de chambres d'hôtel. **Le sixième chapitre** est dédié à la phase de conception de ce programme de recherche, elle consiste en l'identification des paramètres photométriques et esthétiques influençant le jugement d'appréciation, en *simulation*. **Le septième chapitre** est dédié à l'étude *in situ* des effets des paramètres de l'éclairage, de la situation d'usage, des caractéristiques individuelles sur le jugement d'appréciation d'environnements lumineux dans une chambre d'hôtel réelle.

Enfin, la troisième partie de ce manuscrit est consacrée à la synthèse de nos travaux et à la *discussion* des résultats obtenus quant à l'apport de notre travail à la compréhension de la perception des environnements lumineux de chambres d'hôtel d'un point de vue fondamental et méthodologique.

Nous terminerons ce manuscrit par la proposition de perspectives d'études dans la continuité de nos travaux afin de poursuivre les recherches sur le vaste de sujet qu'est la perception des environnements lumineux.

# **PARTIE 1**

## **La relation entre l'individu et son environnement lumineux**

---

Il faut souffler sur quelques lueurs pour faire de la bonne lumière.

René Char

La première partie de ce manuscrit de thèse vise à mettre en évidence au travers des connaissances acquises sur le sujet, comment l'individu construit sa propre perception de l'environnement lumineux, de la détection d'un signal physique à son évaluation en contexte. Pour ce faire, nous définirons dans un premier temps, les concepts centraux de notre projet de recherche puis nous dresserons le bilan des connaissances acquises sur le sujet permettant l'analyse et l'interprétation du signal lumineux par les individus.

Notre projet de recherche s'intéresse à la perception des environnements lumineux par les usagers, dans un contexte particulier, celui d'une chambre d'hôtel. Autrement dit, notre programme de recherche porte sur l'étude de la relation entre les individus et leurs environnements lumineux. Plus spécifiquement, ce projet vise à apporter une contribution à la compréhension de l'interaction entre un individu (l'utilisateur) et un objet (la lumière), dans un contexte particulier (la chambre d'hôtel). Dans ce manuscrit, nous considérons que ces trois entités, l'individu, l'objet, le contexte, composent le phénomène de perception que nous étudions. (Figure 1).

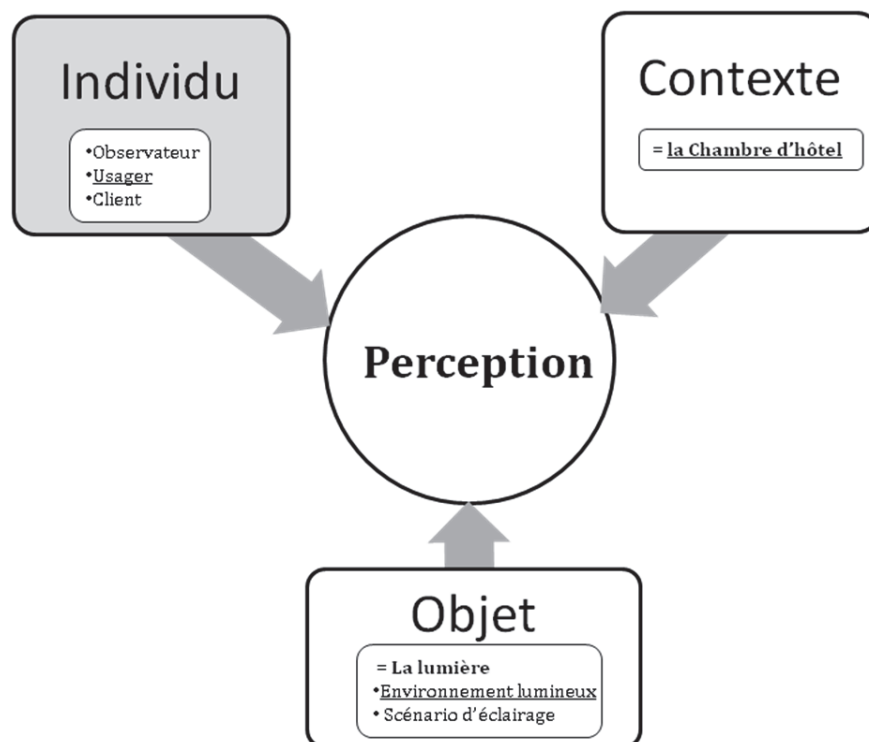


Figure 1: Les entités composant le phénomène de perception, étudiées dans ce programme de recherche



Plusieurs dénominations seront employées au fil de ce manuscrit. Elles sont définies dans les paragraphes suivants.

Notre objet d'étude est **l'individu**. La dénomination de l'individu est dépendante du contexte dans lequel il est cité. L'individu sollicité par un environnement décomposé selon ses caractéristiques physiques, est un *observateur*. Cette dénomination sera le plus souvent utilisée en contexte expérimental, en laboratoire. On parle alors de panel d'observateurs lorsqu'un ensemble d'individus est sollicité pour percevoir un ou plusieurs scénarios d'éclairage d'un dispositif expérimental installé en laboratoire. Lorsque l'étude est portée sur l'individu qui vit et interagit avec l'environnement dans lequel il se trouve, lors d'une activité par exemple, nous utiliserons le terme *d'usager*. Cette dénomination est surtout utilisée en contexte réel, *in situ*. Nous utiliserons le terme *sujet* pour désigner l'individu faisant l'objet d'une étude, indifféremment d'un contexte de laboratoire ou naturel. Enfin dans la perspective opérationnelle, l'individu que nous étudions est le client de l'hôtel. Ces différentes dénominations se justifient par notre volonté de repérer les contextes expérimentaux plus ou moins écologiques dans lesquels la perception de l'individu est étudiée.

Dans le cadre de notre projet, **l'objet** du monde avec lequel l'individu interagit, est la *lumière*. La lumière se compose de grandeurs photométriques et colorimétriques qui contribuent à la définition de *l'environnement lumineux*. Dans un contexte expérimental et maîtrisé, les *scénarios d'éclairage* désignent les environnements lumineux étudiés. Le scénario d'éclairage est la combinaison des différents paramètres de l'éclairage le définissant, tels que la quantité de lumière, la température de couleur, la répartition de la lumière dans l'environnement lumineux étudié.

Enfin, le **contexte** dans lequel nous étudions la perception de l'environnement lumineux, est la *chambre d'hôtel*. La chambre d'hôtel se définit selon un environnement physique composé de caractéristiques spatiales et architecturales variables. C'est un lieu d'activités multiples. Dans ce programme de recherche, la chambre d'hôtel désigne à la fois la pièce principale que la salle de bains. Alors que les aspects sociaux sont également connus pour être importants dans le secteur de l'hôtellerie (Heide & Grønhaug, 2009), nous considérons la chambre d'hôtel uniquement comme un environnement physique.

Différents modèles théoriques existent pour expliquer la perception et en comprendre les éléments déterminants. Jimenez dans son ouvrage intitulé *La psychologie de la perception*, propose de considérer la perception comme une séquence de traitements de l'information, allant d'une « entrée » qui est appelée sensorielle à une « sortie » qui est la représentation cognitive (Jimenez, 1997). Les paragraphes suivants définissent les différentes étapes du traitement de l'information.

La psychophysique est une science consacrée à l'étude des relations entre les événements du monde physique et les sensations d'un individu afin d'accéder à la connaissance de la perception humaine.

Les travaux fondateurs de la psychophysique ont été publiés par G.T. Fechner, en 1860, dans l'ouvrage *l'Elemente des Psychophysik* (Fechner, Howes, & Boring, 1966). Le cadre théorique de la psychophysique s'appuie sur une approche analytique selon laquelle il est utile et nécessaire de décomposer les comportements en unités élémentaires pour rendre compte, à terme, de leur complexité. Autrement dit, la psychophysique traditionnelle étudie les réponses d'un sujet humain normal à des stimuli expérimentaux (Jacob, 2004). Ainsi le psychophysicien, pour mieux comprendre la perception visuelle, considère les stimuli visuels simples dans des conditions expérimentales maîtrisées. De telles études portent par exemple, sur la détermination du seuil de détection absolu ou du seuil relatif pour la perception des contrastes lumineux ou colorés tels que les travaux fondateurs de Blackwell *et al.* (Blackwell, 1952; Blackwell, 1967; Blackwell & Blackwell, 1980).

Ce modèle théorique se base sur un schéma de type *Bottom-up* ou processus ascendant de la perception, selon lequel un sujet traite et interprète les informations du monde physique, du bas (le monde physique) vers le haut (le cerveau) (Weil-Barais, 2001).

Dans le modèle de la psychophysique, la perception est ainsi associée à la détection de l'information par les récepteurs sensoriels. En fonction de la stimulation et de l'organe stimulé, le signal détecté pourra être décrit par l'individu tel qu'il le perçoit. Un traitement du signal à plus haut niveau permettra à l'individu d'attribuer une valence hédonique au signal perçu (Figure 2). « La perception est un processus complexe, actif dans l'organisation et l'interprétation de l'information sensorielle.» (Bertrand & Garnier, 2005 p. 73).

De ce point de vue, **la perception** est l'ensemble des mécanismes et processus par lesquels l'organisme prend connaissance du monde sur la base des informations élaborées par ses sens (Petit Larousse de la Psychologie, 2005). Autrement dit, la perception est le décodage du signal extérieur en images sensorielles et la traduction de ce signal par nos organes des sens jusqu'à notre système nerveux, en expérience perceptive.

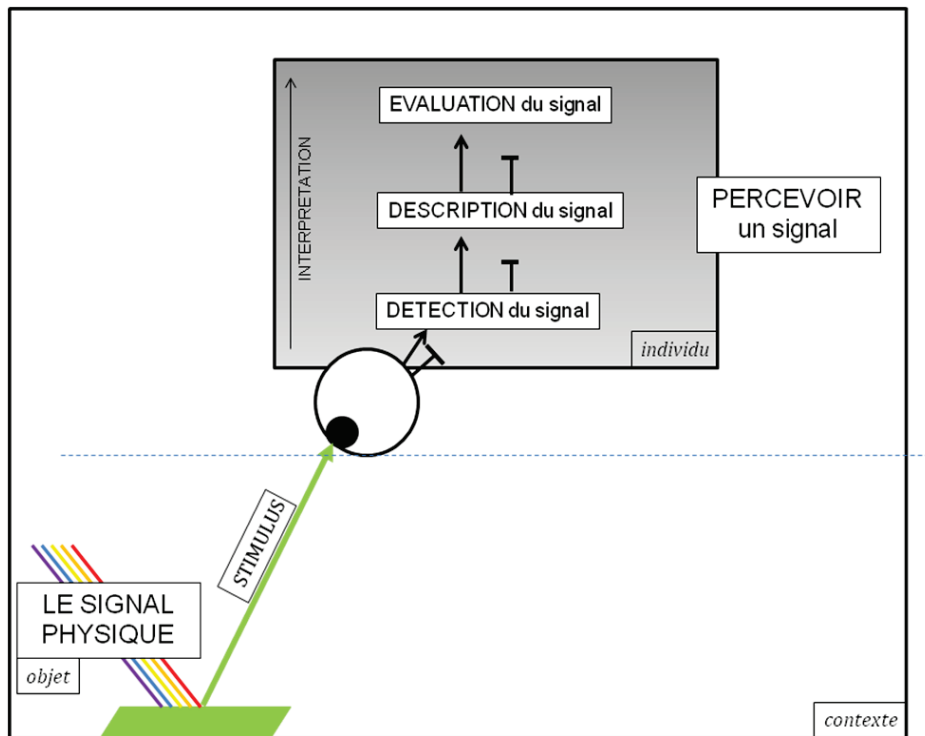


Figure 2: Modèle de perception ascendant ou bottom-up d'un signal extérieur par l'individu.

La sensation est associée à **la détection du signal**. La sensation est le phénomène par lequel un signal extérieur, le stimulus, est capté par les récepteurs sensoriels de l'organisme après l'activation de ceux-ci (Doron & Parot, 1998). La réception du signal entraîne alors une stimulation physiologique. Dans le cas d'une stimulation supérieure au seuil de détection, le signal déclenche une sensation, un ressenti conscient de la part de l'individu. Autrement dit, la sensation est le reflet d'une réalité extérieure (ou intérieure) dû à l'activation des organes des sens. On parlera de sensation visuelle lorsque le signal physique est capté par les photorécepteurs des yeux (Petit Larousse de la Psychologie, 05).

**La description du signal** suppose pour un individu de signifier à autrui ce qu'il perçoit. Pour la même sensation, les individus pourront donner des étiquettes descriptives différentes car elle ne correspond pas à un décalque de la réalité mais à l'expression d'un ressenti individuel (Dubois, 2010). Les chercheurs ont alors développé plusieurs méthodologies afin d'étudier le ressenti individuel d'une perception, selon une approche directe, via l'utilisation de questionnaires ou d'entretiens, ou selon une approche indirecte via l'étude de marqueurs physiologiques des réactions de l'individu ou l'analyse de tâches cognitives diverses.

Le questionnement de l'individu implique la mise en mots de l'expérience perceptive. Le langage, qui désigne et signifie, est le moyen disponible pour l'individu d'exprimer et de communiquer sa perception. L'alignement sémantique c'est-à-dire, l'utilisation par plusieurs sujets d'un même mot pour désigner un objet commun, est donc nécessaire pour être compris (Weil-Barais, 2001).

Cependant, cet acte linguistique est très peu observable et ne permet pas de distinguer ce qu'il supporte réellement. D'autres approches sont alors utilisées pour étudier l'expérience perceptive, elles permettent de s'affranchir de la production langagière du ressenti. On citera en exemple l'étude de marqueurs physiologiques ou l'analyse de tâches cognitives pour mesurer les conséquences physiologiques ou cognitives du changement d'environnement sur l'individu. Les principaux inconvénients de ces approches sont en outre le caractère intrusif pour l'aspect physiologique, et l'absence de certitude que les conséquences observées sur le comportement soient uniquement dues aux variables étudiées. Plusieurs études adoptent différentes approches pour mesurer l'influence des variations de l'environnement sur l'individu. A titre d'exemple, les travaux de Küller (Küller & Wetterberg, 1993) ont porté sur l'impact de la lumière fluorescente sur des marqueurs endocriniens (dosage de cortisol et mélatonine), neurophysiologiques (EEG, ECG) et subjectifs sur le bien-être et le stress. Les auteurs cherchaient effectivement l'approche la plus efficace pour étudier les relations entre les individus et leurs environnements. Pour ce faire, deux types de lampes fluorescentes type «lumière du jour» (5200 Kelvin) et «blanc chaud» (3000 K), ont été comparées, chacun à deux différents niveaux d'éclairement (460 et 1700 lux). Selon ces travaux, les variations de l'environnement n'étaient pas perçues au niveau conscient mais au niveau inconscient. En effet, l'activité électrique et cardiaque variait en lien avec les modifications de l'environnement lumineux alors que les évaluations subjectives n'étaient pas affectées par le changement de température de couleur ni de quantité de lumière.

**L'évaluation du signal** consiste à apporter un jugement de valeur hédonique à la sensation. Les perceptions ne sont pas neutres. Elles sont souvent liées à une réaction affective. La réaction affective peut être traduite par un jugement d'appréciation positif ou négatif, qui varie selon la nature de ce qui les provoque, et la nature de celui qui les reçoit.

Il existe donc plusieurs niveaux d'interprétation d'un signal. La détection, la description et l'évaluation du signal extérieur sont les différentes composantes de la perception. L'enchaînement n'est pas nécessairement conscient pour l'individu, ni même sériel<sup>2</sup>. La détection, la description et l'évaluation d'un signal sont donc des phénomènes à distinguer du point de vue de l'interprétation des informations du monde.

Un modèle similaire est utilisé par Filatova (Filatova, 2008) pour présenter les bases théoriques de la description d'un épisode perceptif visuel selon la théorie de David Marr (Marr, Ullman, & Poggio,

---

<sup>2</sup> A titre d'exemple, on pourra citer le fait d'apprécier le goût d'un plat sans pouvoir identifier (décrire, discriminer) l'ensemble des ingrédients qui le composent. Par ailleurs, il est possible de discriminer et décrire les objets du monde qui nous entourent, sans y associer nécessairement un jugement de valeur. L'information visuelle reçue par l'individu qui interprète la composition spectrale d'une source de lumière ou celle réfléchie par un objet est interprétée comme étant de couleur bleue. Le fait de *dire* que la source ou l'objet est *bleu* nécessite une interprétation objective du signal visuel.

2010). Selon les auteurs, le phénomène de la vision doit être analysé en trois étapes. La détection, réalisée au niveau neurosensoriel, l'identification, un processus à cheval entre le niveau neurosensoriel et le traitement cognitif, qui lui, permet *in fine*, la transposition des informations brutes du monde en phénomène perceptif. Le jugement hédonique de la perception est absent du modèle de Marr. Notre projet de recherche vise donc à mieux comprendre le phénomène perceptif d'un environnement lumineux, jusqu'à la formulation du jugement de l'utilisateur.

En résumé, ce programme de recherche vise à mieux comprendre l'interaction d'un objet (l'environnement lumineux) avec un individu (l'utilisateur) dans un contexte spécifique (la chambre d'hôtel). Nous cherchons à approfondir les connaissances dans le domaine de la perception relative aux environnements lumineux. Selon un schéma de type « bottom up », la perception se définit par plusieurs niveaux d'interprétation du signal extérieur. La sensation s'entend comme la détection des stimulations sensorielles portées par un objet. C'est le premier niveau de perception du signal extérieur, dit de bas niveau. Les signaux sont ensuite décrits et évalués, conduisant à la formulation d'un jugement d'appréciation. C'est un niveau supérieur d'intégration des informations en provenance des capteurs, un traitement dit de haut niveau. Ces trois niveaux de perception (Détection, Description, Evaluation) sont détaillés ci-après.



# **CHAPITRE 1**

## **DETECTER un signal lumineux**

L'approche classique de la psychophysique consiste à faire le lien entre le stimulus extérieur reçu par un individu et sa réponse. Plus généralement, la psychophysique cherche à faire le lien entre les caractéristiques physiques de l'environnement et la réponse de l'individu occupant l'espace, le sujet. Une telle ambition nécessite la maîtrise et la mesure précise des caractéristiques de l'environnement d'une part et d'autre part, la quantification des sensations qu'il provoque sur l'individu. L'objectif de ce chapitre est de mettre en évidence la première étape de la perception, c'est-à-dire la sensation d'un individu, en réponse à des variations de son environnement lumineux.

Nous définirons dans un premier temps, les paramètres qui composent l'environnement lumineux d'un point de vue physique, puis nous décrirons comment l'individu détecte le signal lumineux d'un point de vue physiologique. Nous aborderons également les moyens utilisés pour quantifier les informations sensorielles détectables dans un environnement.

## **1. Définition d'un environnement lumineux**

La *lumière* est une énergie émanant d'un corps, une radiation électromagnétique. Seules les ondes dont la fréquence est comprise entre 380 et 780 nanomètres (nm) agissent sur la rétine de l'œil humain de manière à rendre les choses visibles et définissent le spectre visible (Taillet & Villain, 2009). La Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), composée d'experts de la communauté scientifique spécialisée dans le domaine de l'éclairage, définit la lumière comme étant « l'attribut indispensable et commun à toutes les perceptions et sensations qui sont particulières au système visuel ». Nous noterons ici le manque de précision de cette définition quant à l'utilisation des termes perceptions et sensations. Cette définition semble distinguer les deux notions, qui de notre point de vue sont indissociables.

La lumière est dite naturelle lorsqu'elle provient du ciel et du soleil par opposition à la lumière artificielle qui désigne toutes les autres sources de lumière (Taillet & Villain, 2009).

L'*éclairage* fait référence à l'action, la manière et le moyen de produire de la lumière (Petit Robert, 2011). La notion d'éclairage fait donc référence à la maîtrise des paramètres photométriques et la lumière désigne la globalité du concept.

Nous parlons de *qualité de l'éclairage* dans un environnement pour décrire les paramètres physiques qui le caractérisent (Sabadie, 2001). Ainsi la qualité, au sens de la nature de l'objet, est définie par un état caractéristique, objectivable et mesurable selon une approche centrée sur l'objet. La qualité n'est pas considérée ici comme un ressenti ou comme une valeur subjective. C'est la manière d'être, bonne ou mauvaise de quelque chose : son état caractéristique (Petit Larousse, 2009). Les travaux de recherche dans le secteur de l'éclairage ont permis d'identifier des grandeurs physiques contribuant à la qualité d'un éclairage : la luminance, l'éclairement, la répartition de la lumière, l'uniformité, le



clignotement des lampes (*flickering*) et la distribution spectrale de la lumière. Le rôle de chacun de ces paramètres dans la qualité perçue de l'éclairage a largement été documenté dans la littérature (Boyce, 2003; McColl & Veitch, 2001; Veitch, 2001; Veitch & McColl, 1994; Veitch & Newsham, 1996, 1997). Si l'on introduit la dimension du sujet dans la description de l'environnement physique, on parlera alors de la *qualité perçue de l'éclairage*. La quantité de lumière, faisant partie intégrante des grandeurs photométriques, c'est-à-dire des propriétés de rayonnement (Taillet & Villain, 2009) ; et la distribution spectrale de la lumière blanche, également nommée la colorimétrie de la lumière blanche (Kowaliski, Viénot, & Sève, 1990) sont des notions qui influencent la qualité perçue d'un éclairage, par l'individu.

Enfin, une *lumière de qualité* fait état d'une valeur appréciative. L'évaluation d'une lumière de qualité dépend des paramètres photométriques et colorimétriques qui la composent, mais également de l'espace éclairé et de l'utilisateur. La pertinence d'une lumière est relative au comportement de l'utilisateur dans cet espace et fait intervenir des paramètres architecturaux et économiques (Veitch, 2001). L'usage de ce terme est spécifique du jugement d'appréciation positif de cette lumière, relativement à un autre, qui serait moindre. Visuellement, c'est le jugement de l'observateur qui va décider de la qualité (Viénot, 2008). Relativement à l'individu, il est également possible de distinguer l'éclairage fonctionnel et subjectif (Jay, 2002). Selon nous, ces appellations font référence aux attentes et aux besoins en éclairage des utilisateurs. En effet, les attentes font référence à l'esthétisme alors que les besoins font référence à l'éclairage nécessaire à assurer un confort visuel.

Après avoir défini les différents termes désignant le concept de lumière de manière globale, les paragraphes suivants s'intéresseront aux principes généraux de la photométrie et de la colorimétrie de la lumière blanche, deux notions fondamentales dans notre projet de recherche.

### 1.1. La photométrie de la lumière blanche : principes généraux

Alors que la radiométrie concerne « la mesure des grandeurs relatives à l'énergie rayonnante » au sens large (CIE, 1987), la photométrie traite des mesures d'énergies rayonnantes dans la zone du spectre électromagnétique visible par l'œil humain. Elle est définie par « *la mesure des grandeurs se rapportant au rayonnement tel qu'il est évalué selon une fonction d'efficacité lumineuse relative spectrale donnée, par exemple  $V(\lambda)$  pour la vision photopique ou  $V'(\lambda)$  pour la vision scotopique* » (CIE, 1987). La fonction d'efficacité lumineuse relative spectrale  $V(\lambda)$  convertit le flux d'énergie présent dans un rayonnement en flux lumineux. Le flux lumineux (*luminous flux*) d'une source est défini par la

totalité de la lumière émise par une source rayonnée dans tout l'espace. Il s'exprime en lumen (lm). A partir du flux lumineux, plusieurs grandeurs photométriques ont été définies (Figure 3).

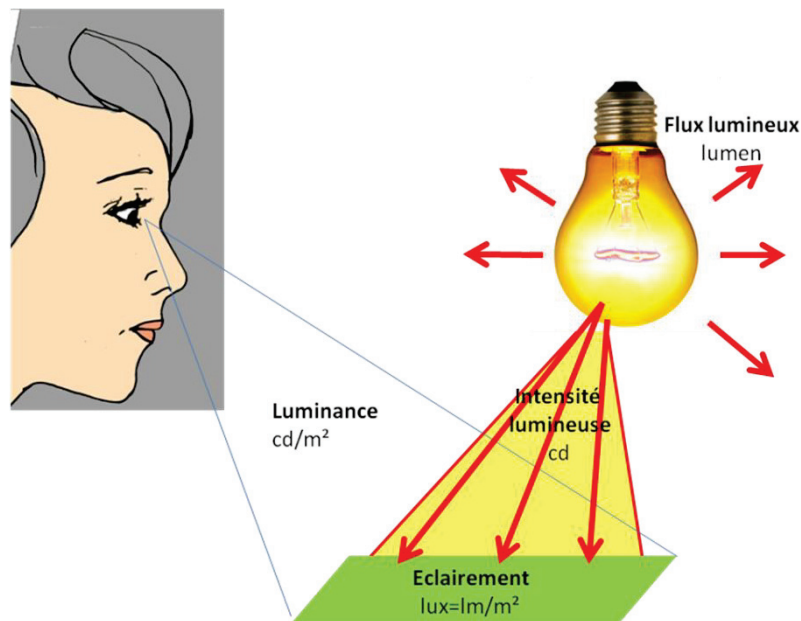


Figure 3: Les quatre grandeurs photométriques de base

L'éclairement (*illuminance*) correspond à la mesure du flux lumineux sur une surface donnée, c'est-à-dire le rapport du flux lumineux reçu par unité de surface. Il s'exprime en lumen/m² (lm/m²) ou lux (lx). On notera également l'exitance,  $M$ , la quantité de lumière réfléchie par une surface donnée, contrairement à l'éclairement qui se définit par la quantité de lumière incidente sur une surface donnée.

La quantité de flux lumineux émis par une source dans une direction donnée est l'intensité lumineuse (*luminous intensity*). Elle se définit par la quantité de lumière relative à une unité d'angle solide<sup>3</sup> dans une direction donnée. Elle est mesurée en candela (cd). L'intensité lumineuse est utilisée pour quantifier la distribution de la lumière d'une source.

Enfin, la mesure de l'intensité lumineuse rapportée à une unité de surface est la luminance. La luminance (*luminance*) d'une source représente le rapport entre l'intensité lumineuse émise dans une direction et la surface apparente de l'objet dans une direction donnée. La luminance dépend donc de l'éclairement reçu par une surface, du coefficient de réflexion, de la brillance de la surface. Elle est relative à l'observateur. Elle s'exprime en candela/m² (cd/m²). La luminance d'une surface est corrélée à la quantité de lumière perçue ou luminosité perçue par un individu (*brightness*).

<sup>3</sup> L'angle solide est la base des mesures photométriques. Il correspond approximativement à la notion de cônes de lumière (Doron & Parot, 1998)

Enfin, la quantité de lumière perçue par un individu n'est pas seulement dépendante de la quantité de lumière produite par la source. Elle dépend aussi du type de surface qui reflète la lumière, de l'environnement proche de la surface éclairée et par là même, de la position de l'individu par rapport à la surface éclairée. Certains travaux caractérisent uniquement la valeur de l'éclairement, sans toutefois mentionner les facteurs de réflexion des surfaces éclairées, empêchant la caractérisation précise, *a posteriori* des conditions lumineuses vécues par les observateurs (Veitch, McColl 2001). Les diagnostics photométriques analysés dans nos études renseigneront chacune de ces grandeurs.

Dans le cadre de ce projet de recherche, les principaux paramètres de l'éclairage considérés lors des diagnostics photométriques effectués sont le flux lumineux et l'éclairement pour satisfaire les besoins fondamentaux en lumière des usagers, ainsi que les luminances afin de mesurer la quantité d'éclairage perçue.

A noter que les formules permettant de calculer les grandeurs photométriques, apparaissent en Annexe A1a de ce manuscrit.

## 1.2. La colorimétrie de la lumière blanche : principes généraux

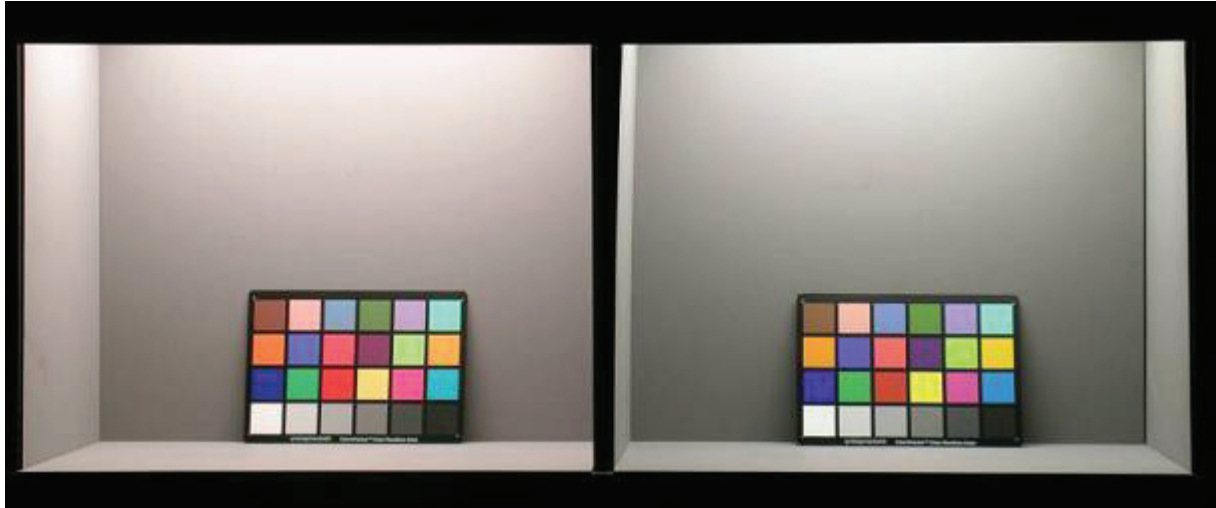
La colorimétrie consiste en un ensemble de données et de mesures destinées à la spécification des couleurs, de leurs différences et de leurs apparences (CIE, 2004). Nous allons nous focaliser sur les grandeurs permettant de quantifier la couleur de la lumière blanche.

Par principe, la lumière d'une source est constituée d'une infinité de radiations qui déterminent sa couleur apparente. A luminance égale, deux flux lumineux peuvent avoir une combinaison différente en longueur d'onde. Ils sont donc perçus de couleurs différentes. Aussi, la combinaison de longueurs d'onde différentes peut produire de la lumière blanche. De cette façon, il est possible que la lumière produite par deux lampes soit de combinaisons spectrales différentes et pourtant être perçues de la même couleur. Autrement dit, les deux sources produisent une lumière caractérisée par une même Température de Couleur proximale (TCp)<sup>4</sup>, mais la perception des objets qu'elles éclairent, est différente. Dans ce cas, les lampes ont un Indice de Rendu des Couleurs (IRC) différent. Ces grandeurs définissent la colorimétrie de la lumière blanche. La colorimétrie consiste en un ensemble de données et de mesures destinées à la spécification des couleurs, de leurs différences et de leurs apparences (CIE, 2004). La figure 4 ci-dessous illustre cette assertion.

---

<sup>4</sup> *Correlated Colour Temperature (CCT)*

A



B

Sources	Eclairement (lux)	Luminance (cd/m <sup>2</sup> )	CCT (K)	R <sub>a</sub>
LEDs Blanc Ambre Rouge (gauche)	218	73.4	4001	76.5
Fluorescence (droite)	210	71.7	3935	91.6

Figure 4 : Influence de la composition spectrale de lumière blanche sur la perception des couleurs.  
A. Comparaison de deux éclairages sur la charte de Macbeth (Température de Couleur : 4000 K). B. Spécifications colorimétriques des sources utilisées à 4000K. Source : Jost - Boissard, 2010.

La température de couleur et l'IRC sont deux métriques communément utilisées pour caractériser la lumière blanche. Elles ont été proposées à partir d'un système de mesures quantifiant la couleur de lumière, établi par la CIE, alors jugé trop complexe. Plus précisément, la température de couleur d'une lumière est un indicateur de la couleur des sources de lumière blanche. Par définition, la température de couleur est « *la température du radiateur de Planck, un corps noir, dont le rayonnement a la même chromaticité que celle d'un stimulus donné* » (CIE, 1987). Autrement dit, la couleur de la source est comparée à celle d'un corps noir chauffé. Un corps noir étant un corps qui absorbe intégralement les radiations qui le frappent, les radiations qu'il émet dépendent uniquement de sa température exprimée en degrés Kelvin (K), la température de couleur. Or, cette grandeur théorique est difficilement applicable aux sources usuelles car le spectre d'émission qui les caractérise est éloigné de celui des corps noirs. On utilisera davantage la notion de Température de Couleur proximale qui est « *la température du radiateur de Planck dont la couleur perçue ressemble le plus, dans des conditions d'observations spécifiées, à celle d'un stimulus donné de même luminosité* » (CIE, 1987). Quand le corps commence à chauffer, le corps noir émet des radiations dans le spectre visible depuis la lumière rouge, jusqu'à l'orangé, au jaune, au blanc, et au bleu (Figure 5).

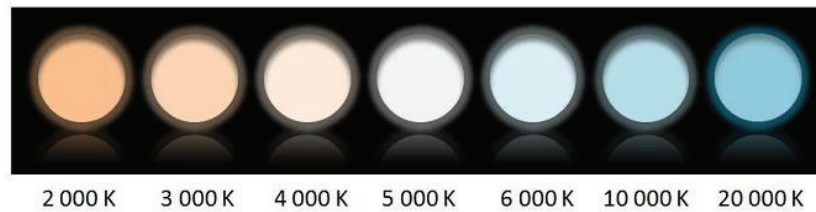


Figure 5 : Représentation visuelle des Températures de Couleur proximales. Photo : Pousset, 2009

Plus tard, l'Association Française de l'Eclairage a proposé de relier la valeur de la température de couleur à des impressions de chaleur (AFE 2006). La température de couleur peut alors être appréciée sur une échelle bipolaire allant du chaud au froid. La lumière d'apparence jaune-orange, de faible température de couleur, est considérée comme une lumière chaude. Plus la température de couleur d'une source de lumière est grande, plus elle paraîtra froide. La lumière sera d'apparence bleutée (Tableau 1).

Tableau 1 : Relations entre la température de couleur proximale et la chaleur perçue de la lumière (Source AFE 06)

Température de couleur proximale $T_{cp}$	Impression de chaleur	Teinte de lumière
$< 3300 \text{ K}$	Chaude	Orangée
$3300 \text{ K} < T_{cp} < 5300 \text{ K}$	Neutre	Neutre
$> 5300 \text{ K}$	Froide	Bleutée

A titre d'exemple, la lumière incandescente est une lumière chaude car elle est caractérisée par une large gamme de grandes longueurs d'ondes (Gordon, 2003). A noter que, de manière générale, la teinte ou tonalité chromatique, est un des trois attributs qui décrit l'apparence d'une couleur<sup>5</sup>. Elle varie le long du spectre visible. La température de couleur est donc une grandeur dont la valeur définit la teinte plus ou moins chaude du rayonnement. La teinte est alors utilisée dans le sens commun pour désigner la température de couleur d'une source (Jost Boissard, 2010).

Toutefois, la couleur d'une surface ne dépend pas uniquement de la composition spectrale de la radiation incidente à l'œil, mais également de son éclairement, de la couleur de l'environnement proche et du temps d'adaptation de l'observateur. De plus, la lumière elle-même n'est pas colorée, c'est une construction cognitive de l'individu (Boyce, 2003). La relation entre une longueur d'onde et

<sup>5</sup> La teinte, la clarté et la saturation sont les trois attributs de l'apparence d'une couleur.

une couleur est arbitraire. Les couleurs que nous percevons ne sont pas contenues dans les longueurs d'onde, elles sont créées par notre système nerveux (Weil-Barais, 2001)

L'indice de Rendu des Couleurs (IRC) est une métrique qui permet de mesurer la qualité d'un éclairage en termes d'apparence. L'IRC est « *l'effet d'un illuminant sur l'aspect chromatique des objets qu'il éclaire, cet aspect étant comparé consciemment ou non à celui des mêmes objets éclairés par un illuminant de référence<sup>6</sup>* » (CIE, 1987). Autrement dit, l'IRC, compris entre 0 et 100, renseigne sur la couleur d'un objet éclairé par une lampe test, comparée à la couleur qu'aurait ce même objet éclairé par une lampe de référence ayant la même température de couleur. Plus la valeur de l'indice est élevée, plus l'apparence de l'objet étudié est proche de l'apparence qu'aurait cet objet éclairé par la lampe de référence. La lumière du jour, capable de restituer toutes les nuances de couleur par l'intermédiaire d'un spectre continu et relativement homogène sur l'ensemble du domaine visible, a une valeur d'IRC égale à 100. Un IRC compris entre 80 et 90 rend compte d'un bon rendu des couleurs (AFE, 06).

Cependant, la méthode actuellement recommandée proposée initialement en 1975 dans une publication de la CIE (CIE, 1995), a été critiquée suite à l'évolution technologique des sources lumineuses, notamment avec l'apparition des lampes à LED. L'expérience visuelle a montré que pour un ensemble de sources lumineuses contenant des sources lumineuses blanches à base de LEDs, le classement fondé sur l'IRC actuel contredit le classement visuel (CIE, 2007a). En effet, l'apparence visuelle des objets pouvait être perçue comme très bonne alors que la valeur de l'IRC restait médiocre (Narendran & Deng, 2002; Tarczali, Bodrogi, & Schanda, 2001). Dès lors, les experts de la CIE préconisent de ne pas optimiser les LEDs en fonction de leur IRC mais en fonction d'un indice lié à la perception visuelle. Leurs expériences ont montré une inadéquation entre la perception visuelle et le calcul fait pour décrire les sources modernes. De plus, d'autres aspects comme la discrimination de couleur, la préférence de couleur et la clarté visuelle devraient être pris en compte dans la qualité de couleur. Aujourd'hui, la communauté scientifique cherche une métrique pour quantifier l'apparence perçue des objets éclairés tenant compte des évolutions de la technologie LED notamment. Plusieurs Comités Techniques (CT) de la Commission Internationale de l'Eclairage, le TC1.33 (Van Trigt, 1999) et le TC1-62 ont tenté d'améliorer cette métrique. De par ces constatations, la CIE a recommandé l'ouverture d'un comité technique, le TC1.69, pour évaluer les propriétés de rendu des couleurs des sources lumineuses blanches et proposer une nouvelle méthode adaptée à la technologie LED pour caractériser la lumière blanche qu'elle produit (CIE, 2007b).

---

<sup>6</sup> La lampe de référence est une lampe à incandescence pour caractériser l'IRC de sources lumineuses dont la température de couleur est inférieure à 5000 K

La perception des couleurs en relation avec la qualité de la lumière fait l'objet d'une littérature abondante (CIE, 1987; Zuppiroli, Bussac, & Grimm, 2001) et de plusieurs thèses de doctorat conduites à ce sujet (Jost Boissard, 2010; Pousset, 2009). Notre programme de recherche s'intéressant plus particulièrement à l'effet produit par les paramètres de l'éclairage sur un jugement d'appréciation, nous nous focaliserons davantage sur le moyen permettant d'établir un lien entre les variations des paramètres colorimétriques de la lumière blanche et la qualité perçue de l'éclairage par les usagers de cet environnement.

Notre projet de recherche fondé sur un modèle de perception des environnements lumineux est décliné en trois étapes (Détection, Description, Evaluation), l'objet de ce chapitre est de faire le bilan des connaissances nécessaires à la détection du signal physique. Nous venons d'aborder les grandeurs photométriques et colorimétriques qui définissent le signal physique. Afin de mieux comprendre son influence sur l'individu, il est nécessaire de le décrire tel qu'il existe dans l'environnement étudié et donc de le mesurer. Les paragraphes suivants dressent l'état des connaissances et savoir-faire actuels mis à disposition du chercheur pour le diagnostic photométrique et colorimétrique d'un environnement lumineux.

### 1.3. La mesure instrumentale de l'environnement lumineux : le diagnostic photométrique

Le diagnostic technique et photométrique des espaces consiste à mesurer *in situ* des grandeurs photométriques caractérisant un environnement lumineux. Il s'agit de relever la géométrie d'un espace donné et sa photométrie, c'est-à-dire les éclairagements horizontaux et verticaux ; les facteurs de transmission des matériaux disposés entre une source lumineuse et l'œil de l'utilisateur (abat-jour, voilage) et les facteurs de réflexion des parois. Pour ce faire, des appareils de mesures sont disponibles.

Le luxmètre (Figure 6A.) mesure la quantité de lumière incidente, l'éclairement  $E$ , ou réfléchi, l'exitance  $M$ , en provenance d'une surface donnée (Meyzonnette & Lépine, 1999). La mesure des éclairagements horizontaux est complétée par la mesure des éclairagements verticaux, elle correspond par exemple, à la quantité de lumière incidente sur le visage d'un individu potentiel. L'ensemble des mesures est alors répertorié sur une carte des isovaleurs d'éclairement. Cette carte d'éclairement permet visuellement de repérer la répartition de la lumière dans un espace donné (Figure 6B.).



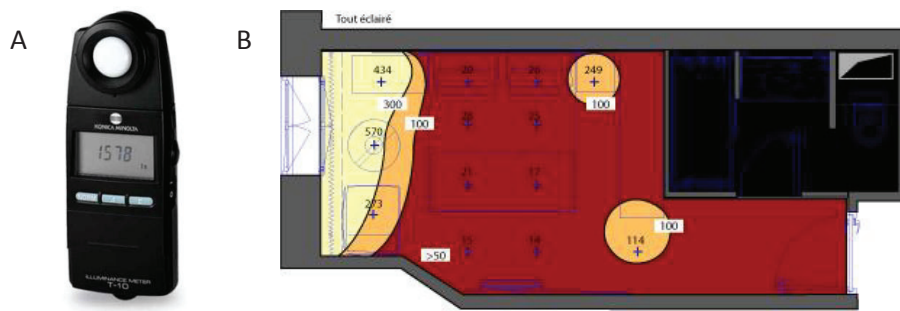


Figure 6 : Outil de mesures photométriques.

A : le luxmètre Konica Minolta, le CL-200A, B : carte des isovalues d'éclairements.

Le luminance-mètre permet de mesurer la luminance. Cette grandeur caractérise l'aspect lumineux d'une surface. La mesure s'effectue par rapport à une surface, dans une direction et un angle solide donnés. Pour ce faire, on pointe l'appareil vers une surface pour mesurer la luminance en un point. La mesure des luminances via le luminance-mètre se fait point par point. Cet outil n'est donc pas optimal pour la mesure des luminances sur un environnement global. Plus récemment, la réalisation d'une carte de luminances a été facilitée par la conception du système PHOTOLUX développé au Laboratoire des Sciences de l'Habitat de l'ENTPE par Dominique Dumortier et Frans Van Roy (Dumortier, Coutelier, Faulcon, & Roy, 2005). Le système permet de dresser les cartes de luminances d'un environnement depuis un même point de vue. Par principe, les cartes de luminances sont créées à partir d'une série de photographies d'une même scène, traitées ensuite avec le logiciel PHOTOLUX. Les photographies sont prises grâce à un appareil photographique Nikon Coolpix muni d'un objectif fish-eye<sup>7</sup>. La quantité de lumière arrivant sur l'objectif est quantifiée à partir de la Valeur d'Exposition EV (*Exposure Value*) correspondant à un réglage donné du temps d'exposition et de l'ouverture du diaphragme. Le logiciel compile l'ensemble des informations recueillies à partir des photographies pour dresser la carte de luminances de la scène étudiée. La carte est représentée en fausses couleurs, basée sur une échelle logarithmique des luminances (Figure 7B).

Cet outil permet donc de créer une carte de luminances complète depuis n'importe quel point de vue, dépendante de la position de l'appareil dans la pièce. La carte de luminances permet de détecter la quantité de lumière fournie par les sources lumineuses installées dans un environnement et la répartition de la lumière dans l'espace considéré. Cette méthode s'est révélée bien plus efficace pour créer une carte de luminance que l'usage d'un luminance-mètre, qui nécessite la prise manuelle de chaque mesure.

<sup>7</sup> L'objectif fish-eye ou œil de poisson est un objectif photographique ayant pour particularité une distance focale très courte et un angle de champ très grand, jusqu'à 180° dans la diagonale.



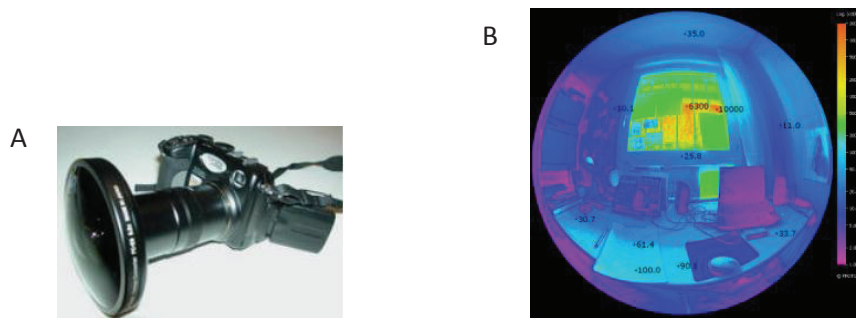


Figure 7 : Outil de mesures photométriques d'un environnement lumineux, via le logiciel PHOTOLUX.  
A : Appareil photographique Nikon CoolPix équipé d'un objectif fish-eye, B : Visuel d'un environnement lumineux après traitement en fausses couleurs des éclairements de la pièce, sous le logiciel PHOTOLUX

La mesure de la couleur de la lumière blanche est faite via l'utilisation d'un chromamètre. Cet outil mesure la Température de Couleur proximale de sources dans un environnement. L'appareil de mesure est souvent associé au luxmètre, il est utilisé pour mesurer la chromaticité de l'environnement point par point.

En d'autres termes et de façon générale, le diagnostic photométrique d'un environnement lumineux permet de quantifier les paramètres photométriques et colorimétriques qui le composent. Plusieurs appareils de mesures sont à disposition du chercheur. Le luxmètre et le système PHOTOLUX permettent de mesurer la quantité de lumière d'un environnement lumineux, le chromamètre renseigne sur sa couleur.

Notre programme de recherche portera une attention particulière aux grandeurs photométriques - telles que l'éclairement et les luminances - et colorimétriques - telles que la température de couleur proximale- des environnements lumineux. Les appareils de mesure cités dans cette section ont donc été utilisés dans notre programme de recherche. Le diagnostic photométrique est utilisé comme base à la description objective de l'évaluation subjective de l'environnement lumineux du point de vue de l'utilisateur. Le diagnostic photométrique est utile pour caractériser physiquement l'environnement.

Les paragraphes précédents ont permis de décrire les signaux physiques de l'environnement lumineux, tant du point de vue de la quantité de lumière qu'au niveau de la couleur de la lumière blanche. Nous avons également abordé les différents outils et appareils de mesures permettant de quantifier les signaux visuels.

L'objectif de notre programme de recherche étant focalisé sur la relation entre l'environnement lumineux et ses usagers, les paragraphes à venir de ce manuscrit mettent en évidence comment

l'utilisateur capte le signal visuel de son environnement. Autrement dit, les paragraphes suivants sont dédiés à la mise en évidence du bagage physiologique de l'individu lui permettant de détecter les informations physiques de l'environnement lumineux.

## **2. Voir un environnement lumineux, le traitement de l'information sensorielle**

La section suivante concerne le bagage physiologique qui permet à l'individu de voir. Afin de comprendre les paramètres pouvant influencer l'appréciation de la qualité de l'éclairage perçue, il est nécessaire d'aborder la façon dont l'information visuelle est traitée par l'individu.

Les paragraphes suivants rappellent les principes physiologiques fondamentaux permettant la détection d'un signal lumineux au niveau de la rétine de l'œil<sup>8</sup>. Nous verrons également comment la perception du signal lumineux ne reflète pas toujours sa réalité physique (Gregory, 2000; Purves, Augustine, Fitzpatrick, & Hall, 2005; Schreuder, 2008; Weil-Barais, 2001).

### **2.1. Les photorécepteurs du signal lumineux**

Les informations visuelles sont traitées initialement au niveau de la rétine, la membrane neurosensorielle de l'œil. Elle contient toutes les cellules permettant la réception des informations relatives à la lumière et l'interprétation du signal, de manière sommaire.

Les premières étapes du processus sensoriel sont initiées dans l'optique de l'œil. Il est le siège des mécanismes moléculaires qui assurent la transduction<sup>9</sup> de la lumière en signaux électriques et il est le point de départ des circuits rétiniens qui déterminent quelles informations seront transmises de l'œil jusqu'au cerveau. Le paragraphe ci-dessous expose brièvement les différentes étapes.

La lumière traverse un filtre oculaire composé de milieux transparents (cornée, humeur aqueuse, cristallin) pour aboutir à la partie profonde de la rétine, assurant la transduction de la lumière. Les membranes de l'œil (la cornée, le cristallin) et les ajustements de l'ouverture de la pupille selon le réflexe photométrique, permettent de concentrer les stimuli visuels au niveau de la zone photosensible de la rétine, la fovéa. La rétine reçoit l'information visuelle, ou éclaircissement rétinien. L'information visuelle est détectée grâce à l'activation des photorécepteurs sensibles à la lumière dont elle est tapissée.

Les photorécepteurs de la rétine, les cônes et les bâtonnets, ont été décrits pour la première fois en 1835 par G.R. Trevanus. Ils se distinguent par leur forme, le type de pigments photosensibles qu'ils

---

<sup>8</sup> Pour plus de précisions sur le bagage physiologique et ses fonctions dans le traitement du signal lumineux, le lecteur peut se référer à l'annexe 2 de ce manuscrit.

<sup>9</sup> La transduction désigne les mécanismes de transmission d'un signal extérieur à travers la membrane cellulaire vers l'espace intracellulaire.

contiennent et leur distribution sur la rétine. Deux photorécepteurs sont spécifiques au traitement d'informations différentes de la vision. Les bâtonnets (130 millions par œil) ont un seuil de détection bas, ils sont extrêmement sensibles à la lumière, mais fournissent des images à faible définition. Ils permettent la vision scotopique, nocturne. Les cônes (6,5 millions par œil) dont le seuil d'activation est élevé, fonctionnent de manière optimale dans des conditions d'éclairement de la lumière du jour à haute luminance (vision photopique) et sont spécialisés dans la vision des couleurs. Ils se subdivisent en trois catégories selon la longueur d'onde qu'ils absorbent. L'absorption de la lumière, nécessaire à la vision, est assurée par les photopigments qui se trouvent dans les photorécepteurs, la rodopsine pour les bâtonnets, l'opsine pour les cônes. Les bâtonnets ont une sensibilité maximale pour une longueur d'onde de 500 nm (bleu). Les cônes type L ont une sensibilité maximale pour les longueurs d'onde longues ; les cônes type M pour les moyennes longueurs d'onde et les cônes S pour les longueurs d'onde courtes. Pour chacun des cônes S, M et L, les maxima du pic d'absorption sont respectivement aux alentours de 440 nm (bleu), 535 nm (vert) et 565 nm (jaune) (Gegenfurtner et Kiper, 03). Pour illustrer leur fonctionnement spécifique, Hanifin et Brainard (Hanifin & Brainard, 2007) associent la photosensibilité de chacun des photopigments des cônes à une empreinte digitale. Le système visuel est plus sensible à une lumière jaune verte qu'à une lumière bleue ou rouge. On parle alors de la luminosité spectrale  $V(\lambda)$  (Figure 8) (van Bommel, 2006). A titre d'exemple, la sensibilité photopique de l'œil humain à une lumière monochromatique à 490 nm correspond à 20% de sa sensibilité à 555 nm. En conséquence, quand une source de lumière monochromatique à 490 nm émet cinq fois plus de puissance (exprimée en watts) qu'une source de lumière monochromatique à 555 nm par ailleurs identique, les deux sources produisent la même impression de luminosité (*brightness*) pour l'œil humain. Cette valeur n'est bien sûr qu'une moyenne, chaque individu possédant sa propre sensibilité chromatique. Selon Roulet (2004), il semblerait que la lumière incandescente majoritairement composée de longues longueurs d'onde (rouge) soit préférée afin de compenser la faible sensibilité de l'organisme dans ces longueurs d'onde (625 à 740 nm). Cependant, la luminosité biologique d'une cellule rétinienne récemment découverte, relative à la sensibilité d'un nouveau photorécepteur, la mélanopsine, serait maximale pour la région bleue du spectre (Figure 8). L'activation de la mélanopsine aurait des conséquences sur certains processus physiologiques, tels que la régulation du système cardiaque, le cycle circadien, le contrôle de la température corporelle (Figure 8). De telles conséquences pourraient ainsi influencer inconsciemment l'état mental de l'individu en induisant une réaction sur l'humeur ou le bien-être de l'individu dans les conditions optimales.

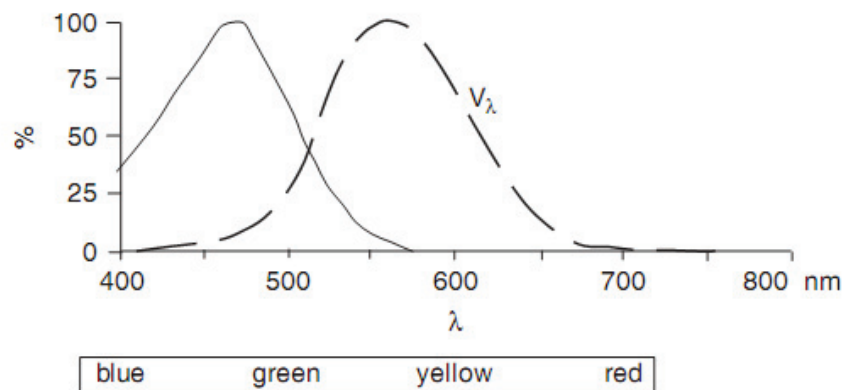


Figure 8 : La courbe de luminosité spectrale de l'œil  $V(\lambda)$  (pointillés) comparée à la courbe de la luminosité biologique (trait plein)

Cependant, les connaissances actuelles ne permettent pas d'affirmer que la luminosité biologique (via la stimulation de la mélanopsine) soit plus influente dans la perception de la lumière que la luminosité visuelle (via la stimulation des cônes) (van Bommel, 2006).

## 2.2. Un bagage physiologique spécialisé

Les paragraphes précédents ont permis de montrer le bagage physiologique à disposition de l'individu pour interagir avec son environnement, autrement dit, de capter les informations physiques qui l'entourent. Cependant, toutes les informations caractérisant les objets du monde ne sont pas perçues par l'organisme. Le système de perception est assimilé à un filtre pour la sélection des informations pertinentes pour l'organisme, parmi l'ensemble des informations du monde (Giboreau & Body, 2007). De plus, les neurosciences cognitives montrent que "l'usage de la vision ne conduit pas toujours à la conscience ou à l'expérience visuelle des objets, ni *a fortiori* à leur reconnaissance et à leur identification" (Jacob, 2004). En ce sens, le bagage physiologique nécessaire à l'interprétation de l'environnement lumineux, influence sa perception. Plusieurs des aspects physiologiques sont décrits dans les sections suivantes ainsi que les conséquences de leur considération dans la conception d'environnements lumineux.

### 2.2.1. La fenêtre du visible

L'organisme n'est pas muni du bagage physiologique nécessaire à la réception de l'ensemble des informations du monde. L'œil, l'organe récepteur s'est spécialisé au cours de l'évolution à la réception des rayonnements optiques, une infime partie de l'ensemble des rayonnements électromagnétiques. Les cellules photosensibles de l'œil humain ne sont sensibles qu'aux ondes

électromagnétiques comprises entre 380 et 780 nm. Ces longueurs d'onde composent et définissent la fenêtre du visible (Figure 9) (Halliday, Resnick, & Walker, 2001).

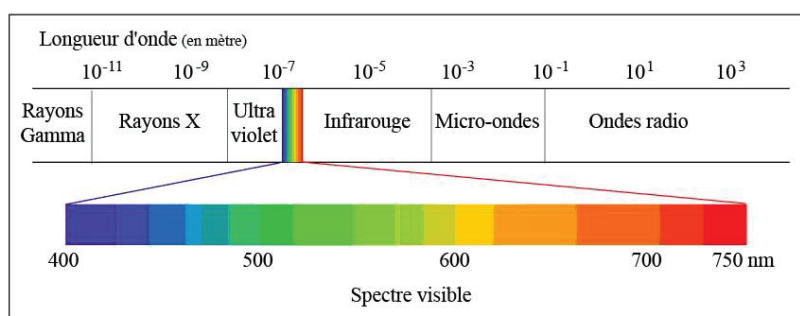


Figure 9 : Rayonnement électromagnétique et spectre visible

### 2.2.2. Un champ visuel restreint

Le champ visuel de l'homme adulte est limité spatialement. Sa grandeur en vision monoculaire peut se représenter sous la forme d'une ellipse dont l'axe horizontal serait de 190° et l'axe vertical de 110°. La vision binoculaire permet d'élargir la vision horizontale de 30°. Cette limite est compensée par la mobilité de l'organe récepteur, et de la tête pouvant balayer l'ensemble de l'environnement (Land, Mennie, & Rusted, 1999). Dans une étude dont l'objectif était de caractériser les environnements lumineux en intérieur sur la base du ressenti des individus (N= 12)<sup>10</sup>, David Loe *et al.* ont défini une « zone d'intérêt visuelle » : une bande horizontale d'une largeur de 40° (Figure 10). Selon les auteurs, les caractéristiques photométriques à l'intérieur de cette bande définiraient les jugements d'appréciation relatifs à la qualité de lumière perçue par les usagers. Les caractéristiques photométriques au delà de cette zone n'auraient que peu d'intérêt dans la formulation du jugement. Cette zone est assimilée au champ de vision normal d'un individu (Loe, Mansfield, & Rowlands, 1994).

<sup>10</sup> N pour Nombre de sujets interrogés

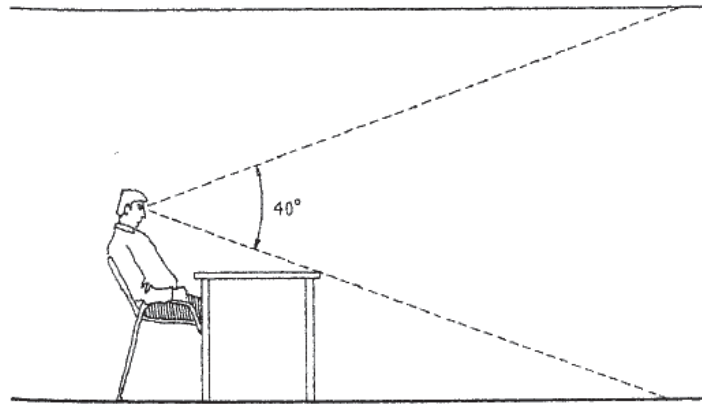


Figure 10 : Variation de la dimension de la « zone d'intérêt visuel » en fonction de la taille de la pièce.

Illustration : Loe, 1994

Ainsi, les résultats des auteurs impliqueraient une prise en considération de cette zone dans la conception d'environnements lumineux confortables et adaptés aux usagers d'une pièce. Cependant la dimension de la zone d'intérêt visuelle à considérer est variable. Elle dépend fortement des dimensions de la pièce investiguée et de la position de l'utilisateur dans la pièce. Dans un espace restreint, un environnement de bureau par exemple, la zone d'intérêt visuelle se limite à l'environnement proche du bureau, alors que dans une grande pièce à grande profondeur de champ, l'éclairage du sol et du plafond sont inclus dans la bande d'intérêt visuelle et devront être considérés. Ces derniers points seront pris en compte dans notre programme de recherche en veillant donc à ne pas éblouir les individus et en considérant l'ensemble de la chambre et non uniquement le point focal d'activité.

### 2.2.3. Un bagage physiologique dégradé au cours de la vie

L'œil subit des variations au cours du temps, entraînant certaines modifications de la vision. Le cristallin, une des lentilles de l'organe récepteur, est connu pour se durcir avec l'âge et ainsi entraîner des difficultés dans le phénomène d'accommodation. Cette perte de souplesse du cristallin apparaît à partir de 40 ans et les personnes alors atteintes de presbytie voient plus flou. C'est un des vieillissements les plus classiques de l'œil. Cependant, ce phénomène est sans conséquence sur la relation entre l'individu et son environnement lumineux. Par contre, des équipes de recherche ont montré que l'ouverture du diamètre pupillaire évolue avec l'âge. L'amplitude de variation du diamètre diminue jusqu'à devenir inexistant à partir de 50 ans. Ainsi, il semblerait que les personnes plus âgées aient donc besoin d'environnements lumineux décrits par des niveaux de lumière plus

importants pour compenser la diminution du diamètre pupillaire, contrairement aux personnes moins âgées, dont l'ouverture du diamètre pupillaire n'a pas été affectée (Inoue & Akitsuki, 1998). Autrement dit, les personnes plus âgées ont besoin de plus de lumière dans un environnement lumineux pour assurer leur confort visuel. Nous verrons dans quelles mesures ces modifications physiologiques peuvent affecter les préférences en termes d'environnements lumineux dans les chapitres à venir.

Par ailleurs, avec l'âge, la transmissibilité des longueurs d'onde du visible (spécialement de la lumière violette et bleue) aux photorécepteurs de la rétine diminue en raison de l'opacification graduelle et du jaunissement naturel du cristallin (Kessel, Lundeman, Herbst, Andersen, & Larsen, 2010). Un tel phénomène induit donc une absorption plus grande dans le bleu et modifie ainsi la vision des couleurs des personnes plus âgées (CIE, 2011). Plus précisément, les individus âgés de 80 à 90 ans ne reçoivent que 10 % de la réception lumineuse circadienne d'un enfant de 10 ans (Turner & Mainster, 2008). Les conséquences d'un tel phénomène pourraient expliquer les différences dans les préférences des environnements lumineux colorés des jeunes adultes et des personnes âgées. Cependant, un phénomène d'adaptation et d'apprentissage limiterait l'importance des changements de perception des couleurs avec l'âge. La constance perceptive est un concept qui explique en partie ce phénomène. En effet, la constance perceptive est une donnée immédiate de l'introspection, qui définit une structure composée d'une collection « d'invariants » et de rapports entre ces invariants (Jimenez, 1997). A titre d'exemple, on pourra faire le parallèle avec la perception invariante d'une table, quelle que soit la position de l'observateur dans l'espace, son angle de vue...

Les paragraphes précédents ont permis de dresser l'état des connaissances relatives aux paramètres physiologiques responsables de l'expérience perceptive. Certaines équipes de recherche tentent de mieux comprendre l'influence de l'éclairage sur l'individu à l'aide de mesures physiologiques. Les paragraphes suivants exposent les différentes méthodes de mesure.

### 2.3. Mesurer la sensation : les réactions physiologiques à la lumière

En ce qui concerne l'individu, les méthodologies utilisées pour mettre en évidence la détection du signal lumineux par un individu, se font majoritairement en laboratoire. L'analyse des modifications physiologiques de l'organisme en réponse à des stimulations visuelles se fait par l'intermédiaire de plusieurs marqueurs. Certains sont des paramètres physiologiques spécialisés dans la réception de l'information visuelle, du type l'ouverture réflexe de la pupille (Viénot, Bailacq, & Rohellec, 2010) ou le dosage de mélatonine synthétisée suite à une exposition prolongée à des éclairages définis selon différentes longueurs d'onde (Küller & Wetterberg, 1993). D'autres approches existent via

l'utilisation de marqueurs indirects de l'influence de la lumière sur l'organisme, comme notamment le dosage du cortisol (hormone de stress), l'activité électrique (EEG) ou cardiaque (EEC) (Küller, 1986; Küller & Wetterberg, 1993). En effet, la mélatonine, un dérivé de la sérotonine, est synthétisée dans la glande pinéale dans le cerveau, durant la nuit (Pévet, 1998). La sécrétion de cette hormone est sous le contrôle de l'horloge biologique. Des variations dans le dosage de l'hormone sont associées aux effets non visuels de la lumière sur l'individu, avec notamment une influence sur la qualité du sommeil, l'humeur et plus largement, l'état de santé de l'individu et son bien-être (Bellia, Bisegna, & Spada, 2011). Pour mettre en évidence ces résultats, de nombreuses équipes de chercheurs associent des études physiologiques à des études comportementales pour mieux comprendre l'influence de la sécrétion de telles hormones sur l'état physiologique des individus.

Des études sur l'influence des variations des paramètres de l'éclairage ont été menées en considérant les variations du diamètre d'ouverture pupillaire (Viénot, *et al.*, 2010). Les auteurs ont montré en laboratoire, un effet du spectre émis par des lampes à LEDs sur l'ouverture pupillaire. Ce mécanisme géré par les cellules photosensibles rétinales (Dacey, *et al.*, 2005) semble dépendre de la distribution spectrale de la stimulation.

Cependant, la mise en place de ces méthodologies est discutable au regard de notre programme de recherche.

D'une part, la méthode instrumentale, sensée décrire la réalité d'un environnement physique ne permet pas d'expliquer l'expérience perceptive des individus. Les paragraphes précédents font état du décalage entre le monde physique et l'image sensorielle que l'individu construit. Donc l'étude reposant uniquement sur la mesure et la quantification des grandeurs photométriques d'un environnement lumineux ne permet pas, selon nous, l'accès à l'expérience perceptive globale de l'individu. En effet, la démarche analytique de ce type d'étude simplifie le nombre de stimuli de l'environnement physique de manière excessive, en limitant l'étude à la variation d'un ou plusieurs paramètres combinés, dans un contexte d'étude simplifié pour pouvoir être entièrement maîtrisé. Dans ce cas, l'objectif est de connaître l'influence du paramètre physique spécifique, toute chose étant égale par ailleurs et ce afin de limiter les biais expérimentaux. Autrement dit, le contexte d'étude en laboratoire est simplifié au maximum pour limiter les interactions du paramètre étudié avec ceux de l'environnement. Cette démarche de simplification de l'environnement, visant à mieux comprendre l'incidence du paramètre étudié sur l'organisme est un point d'honneur pour certaines équipes de recherche (Küller, Ballal, Laike, Mikellides, & Tonello, 2006). Elle repose sur le principe selon lequel l'environnement est constitué d'un ensemble de variables indépendantes. Cette interaction entre les variables est dite de nature additive. Cette approche a fait l'objet de critiques.



En effet, le principe est ce que Köster appelle l'erreur de la situation<sup>11</sup> (Köster, 2003), c'est-à-dire le fait qu'un environnement n'est pas un ensemble de variables objectives, mesurables recombinaisons. De ce fait, la modélisation d'un environnement en laboratoire est peu représentative de l'environnement usuel de l'individu, pour pouvoir expliquer le phénomène de perception en situation réelle (Weil-Barais, 2001). En effet, cela signifie omettre les effets de contexte, autrement dit la situation dans laquelle l'environnement étudié est vécu en situation réelle. Les éléments qui composent le contexte de l'individu en temps que consommateur ont majoritairement été identifiés dans le secteur des études sur le comportement alimentaire (Bisogni, *et al.*, 2007). A notre connaissance, il n'existe pas d'études similaires définissant les éléments clés du contexte d'une expérience perceptive dans le secteur de l'hôtellerie. Notre projet de recherche visera à apporter une contribution en ce sens.

En résumé, cette section a mis en évidence le bagage physiologique à l'intérieur de l'œil, l'organe récepteur des informations visuelles, nécessaire à la détection d'un signal lumineux. La spécialisation du bagage physiologique a été mise en avant au travers de différents exemples, comme la détection spécifique de certaines longueurs d'onde par les cellules photoréceptrices permettant la vision des couleurs. Cette section a permis de montrer l'importance de la prise en compte de la physiologie de l'utilisateur pour la conception d'environnements lumineux adaptés aux usages. Parallèlement, la méthodologie basée sur la mesure des marqueurs physiologiques mettant en avant l'influence de l'éclairage sur la perception de l'individu a été abordée. La principale critique que nous retiendrons de cette méthodologie est le décalage entre le contexte en laboratoire dans lequel l'influence de l'éclairage sur l'individu est étudiée et le contexte réel dans lequel l'expérience perceptive est vécue.

---

<sup>11</sup> *Situational fallacy*

En conclusion, le chapitre 1 de ce manuscrit de thèse nous a permis de mettre en évidence les moyens disponibles pour décrire la photométrie et la colorimétrie des environnements lumineux. De plus, le bagage physiologique nécessaire à la détection des paramètres physiques caractérisant l'environnement lumineux, a également été présenté ainsi que les méthodologies fondées sur la mesure des réactions physiologiques de l'individu en réponse à des variations de l'environnement lumineux. Cette méthodologie est adaptée à l'étude des réactions physiologiques en réponse à une stimulation visuelle en recherche fondamentale, mais nous considérons qu'elle n'est pas adaptée à notre programme de recherche. Le caractère intrusif de celle-ci justifie sa remise en cause : le dispositif expérimental nécessaire à ce type de mesures (prise de sang, casque à électrodes) apporterait à tort un biais majeur à l'étude du phénomène perceptif en situation réelle.

En psychologie environnementale, d'autres méthodes dédiées à l'étude de l'influence de l'environnement sur l'individu, existent. Le chapitre 2 de ce manuscrit y est pleinement consacré.

## **CHAPITRE 2**

### **DECRIRE un environnement lumineux**

Alors que la détection d'un signal est directement associée à l'organe récepteur qui capte l'information du monde, la description d'un signal implique un niveau d'interprétation supplémentaire. Elle est associée à une (re-)connaissance du monde extérieur grâce à l'expérience et la pensée de l'individu (Dubois, 2010).

Sur la base de ses connaissances, l'individu est capable de discriminer les objets physiques du monde et d'en donner une description. En fonction de son degré de connaissance et des caractéristiques du signal, l'individu est capable de verbaliser ses sensations. Cependant, la verbalisation des sensations est une tâche complexe pour l'individu. Du fait du caractère polysémique de nombreux mots, l'individu n'ayant pas développé de connaissances spécifiques relatives à un objet du monde, aura des difficultés à trouver le mot juste pour décrire ses sensations avec précision (Weil-Barais, 2001). Par ailleurs, il aura plus de facilité à formuler la composante hédonique de son appréciation (Giboreau, 2009; Giboreau & Body, 2007).

L'objectif de cette section est de mettre en évidence les méthodologies disponibles dans la littérature scientifique pour étudier la description des environnements lumineux, et d'en préciser leurs avantages et leurs limites. Plusieurs guides ont été proposés par des chercheurs pour vérifier la rentabilité des systèmes d'éclairage installés sans toutefois compromettre le degré de satisfaction de l'occupant (Bodart, Roisin, Deneyer, & D'Herdt, 2009; Tiller & Saint-Martin, 1994), ou encore pour mettre en évidence les points clés à considérer dans une étude dans le domaine de l'éclairage, tels que le choix de recrutement des participants, la sélection et la mise en place des scénarios d'éclairage, les biais expérimentaux à éviter et l'exploitation des résultats (Gifford, 1994). Ces auteurs présentent leurs travaux respectifs comme des outils méthodologiques à la bonne conception d'environnements lumineux. L'objectif de ce chapitre ne vise pas à dresser l'ensemble des protocoles nécessaires à la conception d'environnements lumineux, mais plutôt à faire le bilan des méthodes mettant en avant les impressions subjectives des usagers pour décrire leur environnement lumineux.

De nombreuses méthodes ont été développées en psychologie expérimentale pour mieux comprendre les interactions entre l'individu et son environnement (Gifford, 1987). Pour illustrer ces approches, nous aborderons dans un premier temps les travaux fondateurs de Rachel Kaplan (Kaplan, 1985) et Stephen Kaplan (Kaplan, 1987) spécialisés dans l'étude des environnements à l'extérieur du bâtiment puis ceux de Robert Küller en intérieur (Küller, 1986; Küller, 1991). Nous aborderons ensuite les travaux spécifiques à l'étude des relations entre les individus et leurs environnements lumineux, avec notamment les travaux de John E. Flynn (Flynn, Hendrick, Spencer, & Martyniuk, 1979; Flynn, Spencer, Martyniuk, & Hendrick, 1973), adaptés plus tard par Ingrid Vogels au contexte industriel (Vogels, 2008) et enfin ceux d'Igor Knez, selon une approche plus indirecte de

la relation entre l'individu et son environnement (Knez, 1995). Ces modèles sont fondés sur l'utilisation d'échelles sémantiques simples ou bipolaires, ils permettent de dresser le profil perceptif des environnements étudiés.

Il existe différentes approches pour décrire l'environnement lumineux du point de vue de l'individu que nous présentons ci-dessous. La première consiste en une approche directe via l'utilisation d'échelles psychométriques bornées par des attributs relatifs à la perception de l'environnement lumineux (chaud, intense, lumineux...). La deuxième utilise une approche indirecte mettant en évidence une description de l'environnement par les usagers, via la mesure de leurs performances intellectuelles dans un environnement ou de l'humeur ressentie à ce moment.

Enfin, nous verrons en quoi l'usage d'échelles sémantiques, largement utilisées par la communauté scientifique spécialisée dans l'éclairage, constitue selon nous une des limites de ces méthodologies. Nous évoquerons alors les travaux utilisant une approche globale de la perception pour mieux comprendre l'expérience perceptive d'un individu dans son environnement lumineux en nous basant sur les méthodologies développées en analyse sensorielle, puis celles de la linguistique cognitive.

## **1. La description de l'environnement extérieur au bâtiment, selon Stephen Kaplan (1987)**

Le courant dans lequel s'inscrivent les méthodologies discutées dans ce paragraphe vise à mieux comprendre la perception des individus de leurs environnements extérieurs (naturel ou urbain).

Stephen Kaplan (Kaplan, 1987) cherche à mieux comprendre la nature des interactions entre un individu et son environnement extérieur en s'inscrivant dans l'étude des relations entre Emotion et Cognition. Selon ce modèle, l'appréciation d'un environnement est corrélée aux éléments qui le composent, autrement dit son contenu. L'auteur cherche ainsi à identifier les indices (*predictors*) dans l'environnement qui permettront de prédire les préférences de l'utilisateur. Les indices sont alors des attributs qui expliquent au mieux la perception de l'environnement par un individu. L'auteur considère l'esthétisme comme paramètre-clé à prendre en compte pour mieux comprendre le comportement de l'individu dans son environnement.

Selon les résultats des études menées par l'auteur, les quatre dimensions-clés permettant de décrire l'environnement sont la complexité, le mystère, la cohérence et la lisibilité<sup>12</sup> de l'environnement (Tableau 2). La relation qui existe entre ces quatre dimensions s'explique par deux facteurs relatifs à la quantité d'informations disponibles dans l'environnement (Kaplan & Wendt, 1972). Plus particulièrement, la disponibilité des informations dans l'environnement : immédiates (*immediate*)

---

<sup>12</sup> *Coherence, complexity, legibility, mystery*

ou prédites (*inferred*); ainsi que l'affect associé aux informations disponibles : elle donne du sens à la scène (*understandable*) ou affecte l'individu par les informations disponibles dans l'environnement (*explorable*).

Tableau 2 : La matrice des indices de préférences (Kaplan, 87)

Disponibilité des informations dans l'environnement	Compréhension	Exploration
Immédiate	Cohérence	Complexité
Prédite	Lisibilité	Mystère

Afin de valider le modèle de prédiction des environnements lumineux, les auteurs ont comparé les notes d'appréciation globale de différents types d'environnements et celles obtenues pour chacun des quatre indices. Les notes d'appréciation globales étaient obtenues en questionnant un panel d'observateurs naïfs (la taille des effectifs n'est pas renseignée par l'auteur), via l'utilisation d'une échelle de préférences en cinq points. Les notes des indices étaient obtenues indépendamment des notes de préférences. Un petit groupe d'experts était sollicité spécifiquement ou bien un groupe de sujets différents de ceux sollicités pour donner leurs notes de préférences. Les auteurs comparent alors les notes obtenues dans chacun des deux groupes. Les données n'accordent pas une force de prédiction similaire aux quatre indices proposés dans la description des environnements. Selon l'auteur, le Mystère suscité par un environnement serait un bon indice alors que la corrélation entre les notes de préférence (*liking*) et celles associées à la Cohérence serait moindre. La Complexité serait un très mauvais indicateur de préférence (Kaplan, 1987). Cependant, les données de la littérature attribuent différents degrés de légitimité aux indices en fonction des contextes étudiés.

Plusieurs explications ont été formulées par rapport à ces résultats. La première serait que l'émotion et la cognition ne soient pas toujours corrélées. Alors qu'initialement l'auteur associait la préférence à l'esthétisme et la cognition au comportement de l'individu, il existerait des préférences cognitives et d'autres directes, établies sans aucun médiateur comportemental qu'aucun indice ne pourrait expliquer. Dans un deuxième temps, Kaplan fait l'hypothèse que le manque de consensus sur la signification des quatre indices contribuerait à une mauvaise interprétation des échelles et donc des résultats. Ce constat a été relevé par Rachel Kaplan quelques années auparavant. Rachel Kaplan (Kaplan, 1985) propose une stratégie pour étudier la perception des environnements extérieurs, sur la base des préférences des individus interrogés. Elle pose les bases méthodologiques de l'étude de la perception d'un environnement par ses usagers en se fondant sur ses études antérieures réalisées dans différents environnements extérieurs. Elle met en avant la difficulté pour l'utilisateur d'exprimer les

raisons qui contribuent à ses préférences, de même que l'absence de précision du vocabulaire qu'il emploie pour justifier la discrimination des environnements qu'il apprécie ou non.

Aussi, alors que la littérature en psychologie environnementale favorise l'usage de procédures sémantiques différentielles, Rachel Kaplan préconise l'étude des préférences globales des environnements étudiés. La mise en évidence des préférences est alors facilitée car elle ne nécessite pas la mise en mots du ressenti.

Pour ce faire, elle propose que des individus naïfs (la taille de l'effectif n'est pas spécifiée), sans aucune expérience dans l'environnement, fassent l'usage d'une seule échelle en cinq points pour qu'ils donnent leur appréciation ou leur préférence en répondant à la question suivante : comment l'environnement est apprécié (ou préféré). Pour chacun des environnements testés, l'observateur répond donc à une seule question. Les évaluations des environnements sont faites à partir de photographies de plusieurs vues d'environnements.

L'auteur insiste sur la facilité de la mise en place du test. D'autant plus que la multitude d'échelles sémantiques limitent le nombre d'environnements à étudier, la méthode proposée par Kaplan permet d'augmenter le nombre d'environnements par étude.

Notons cependant que les modèles de Stephen et Rachel Kaplan sont préférentiellement utilisés dans le contexte de l'environnement extérieur, les différents auteurs ayant fait l'usage de ce modèle, étudient la perception de paysages ruraux et urbains (Herzog, Kaplan, & Kaplan, 1976); de rivières (Ellsworth, 1982) ou de forêts (Anderson, 1978). Aucune étude ne montre la validité de ce modèle pour prédire les préférences d'environnements intérieurs (Veitch, 2001), contrairement au modèle développé par Küller, abordé dans le paragraphe suivant. Cependant, nous retiendrons l'approche de R. Kaplan pour l'étude des préférences pour la suite de nos travaux.

## **2. La description de l'environnement intérieur, selon Rikard Küller (1992)**

Les premières études concernant l'évaluation de l'environnement intérieur ont été menées dès les années 1960, via l'utilisation d'échelles linéaires sémantiques. Plusieurs paramètres de l'environnement intérieur ont ainsi été considérés tels que les odeurs (Berglund, 1974), la forme (Garling, 1969) et la taille des pièces (Holmberg, Kuller, & Tidblom, 1966).

Sur la base des travaux menés par Osgood *et al.* sur la représentation en mémoire de différents contextes par les individus (Osgood, Suci, & Tannenbaum, 1957)<sup>13</sup>, Küller propose une méthode

---

<sup>13</sup> Osgood *et al.* par une analyse factorielle, mettent en évidence les dimensions qui influencent le jugement d'appréciation des observateurs d'un environnement physique: l'évaluation globale (*evaluation*), l'activité (*activity*) et la teneur (*potency*).

fondée sur l'usage d'échelles sémantiques pour mieux comprendre l'interaction entre les individus et leurs environnements. A la différence de ses prédécesseurs, Küller n'utilise pas d'échelles sémantiques bipolaires. L'auteur propose d'utiliser un adjectif par échelle pour faciliter sa construction du questionnaire et son interprétation. En effet, la description de l'environnement est dépendante d'un seul terme par échelle et réduit donc par deux le risque de mal interpréter la signification du mot à la perception de l'environnement. Le questionnaire a été initialement conçu pour étudier l'appréciation de façades. Le questionnaire est repris plus tard dans la communauté scientifique pour décrire des environnements urbains (Janssens & Küller, 1989) et intérieurs, tels que des environnements de travail (Küller, 1988). La publication de ces travaux en suédois, nous empêche de les discuter. Les résultats de l'étude de Küller repris dans la littérature, montrent que l'analyse factorielle relie chacun des 200 adjectifs utilisés par les observateurs à l'une ou plusieurs des huit dimensions suivantes :

- le plaisir : environnement agréable, beau et sécurisant,
- la complexité : le degré de variation de paramètres dans un espace, le contraste et l'abondance
- l'unité : la cohérence et la fonctionnalité de l'environnement
- les dimensions: un sentiment d'enfermement spatial et de démarcation
- la teneur : une expression de pouvoir dans l'environnement et ses différentes parcelles
- le statut social : les aspects économiques et de maintenance nécessaires à cet environnement
- l'affect : la familiarité, l'histoire de l'environnement
- l'originalité : l'effet de surprise créé par l'environnement

Certaines dimensions sont communes à celles proposées par le modèle de Kaplan décrit précédemment. La dimension de Complexité est retrouvée dans les deux modèles avec une signification similaire, celle du degré de variation des informations disponibles dans l'environnement ; la dimension telle que l'unité peut être assimilée à la dimension de lisibilité présente dans le modèle de Kaplan, puisqu'il fait référence à la compréhension des informations disponibles. Les autres dimensions non mentionnées (le plaisir, les dimensions, la teneur, le statut social, l'affect et l'originalité) sont spécifiques au modèle de Küller.

A partir de ces résultats, les adjectifs les plus pertinents ont été rassemblés pour la conception d'un questionnaire. Le questionnaire se compose de 36 échelles en sept points et utilise les termes les plus pertinents, selon l'auteur, à l'étude de la perception des environnements. Huit échelles sont consacrées à l'évaluation du caractère agréable, plaisant de l'environnement. Les autres dimensions sont étudiées respectivement via l'usage de quatre échelles. La figure ci-dessous illustre la version



française du questionnaire proposé par Küller, le *SMB form*, autrement dit en anglais le *Kuller semantic environment description*.

	Agréa	Compl	Unité	Enclôt	Puissa	Sociale	Sentim	Origin
MODERNE							8-	
BARIOLE								
LAID	8-							
CURIEUX								
CHER								
MASCULIN								
STIMULANT								
FERMÉ								
FONCTIONNEL								
SOIGNÉ								
ORDINAIRE								8-
RASSURANT								
STYLE PUR								
TRISTE	8-							
FRÈLE					8-			
FEUTRÉ		8-						
De tous les temps								
OUVERT				8-				
IDYLLIQUE								
SURPRENANT								
SIMPLE						8-		
ÂGÉ								
CONSEQUENT								
ANIMÉ								
BIEN								
DÉLIMITÉ								
IMPOSANT								
NOUVEAU							8-	
PRÉCIEUX								
COMPOSÉ								
PLAISANT								
FÉMININ					8-			
COHÉRENT								
BRUTAL	8-							
SPECIAL								
AÉRÉ				8-				
SOMME	18	14	14	14	14	14	14	14
MOYENNE								

Figure 11 : Version française du questionnaire SMB proposé par Küller (Küller, 1991)

Ce type de description considère le point de vue de l'individu, elle est dite centrée sur l'individu. Ce que nous retiendrons de l'approche de Küller est la volonté de trouver des descripteurs utilisés et compris par l'ensemble des sujets interrogés. L'illustration de cette assertion est le fait de n'utiliser qu'un seul descripteur par échelle sémantique et ainsi simplifier la dimension de l'environnement à évaluer avec chacune des échelles. Cependant, nous apporterons deux pistes de réflexion à la proposition de ce questionnaire.

La première est la polysémie des termes utilisés dans le questionnaire qui, selon nous, est trop importante pour pouvoir décrire objectivement l'environnement tel que les observateurs le perçoivent. Certains termes utilisés relèvent de l'expérience personnelle du sujet interrogé tels que « cher », « soigné », « idyllique », « précieux ». On peut également mentionner plusieurs termes à la

signification similaire tels que « ouvert » et « aéré », « nouveau » et « moderne ». L'usage de synonymes dans un même questionnaire est une méthode qui permet de tester la répétabilité des jugements du sujet au cours de l'expérimentation. Or, l'auteur ne mentionne pas cet usage dans l'explication de sa méthode, elle semble alors intentionnelle. Enfin, certains termes demandent un degré d'interprétation du sujet qui pourrait varier d'un individu à l'autre et rendre l'interprétation des réponses difficiles pour l'expérimentateur, tels que « frêle », « brutal ». La qualité des réponses d'un questionnaire destiné à des sujets naïfs, dépend fortement du choix des mots des questions. Cette assertion est reprise dans les méthodes issues de la linguistique cognitive.

Dans la continuité des travaux de Rachel Kaplan précédemment évoqués, nous remarquons le nombre important d'échelles par questionnaire. Or, le nombre important de questions relatives à la description pour un même environnement limite le nombre d'environnements étudiés par sujet, du fait du phénomène de fatigue et de lassitude qui s'installe au fur et à mesure du déroulement du test.

Nous retiendrons de l'approche proposée par Küller la volonté d'une démarche centrée sur l'individu pour mieux comprendre la relation entre l'usager et son environnement. La méthodologie que nous utiliserons pour défendre cette thèse s'inscrit dans une démarche similaire. En ce qui concerne l'utilisation d'échelles sémantiques, le modèle proposé par Küller n'est pas spécifique à la description d'environnements lumineux et pourrait contribuer au manque de précision des mots choisis pour décrire de tels environnements, contrairement aux travaux de Flynn, dédiés spécifiquement à l'étude des impressions subjectives en lien avec les variations des paramètres de l'éclairage.

### **3. La description de l'environnement lumineux, selon John E. Flynn (1977)**

Dans le domaine de l'éclairage, les premiers travaux consistaient à l'étude de la relation d'un paramètre spécifique de la lumière sur l'individu. La manipulation complexe des dispositifs expérimentaux était telle que les objectifs de recherche devaient se limiter à l'étude d'une grandeur photométrique sur l'appréciation de l'usager pour pouvoir être exploitable. Plus tard, le développement de méthodes d'analyses factorielles d'une part et d'autre part, le développement des performances des outils informatiques et logiciels de statistiques, ont permis de reconsidérer la problématique de la perception des environnements lumineux de manière plus approfondie. C'est alors que les travaux de Flynn ont vu le jour.

Les premiers travaux ayant mis en évidence les réactions subjectives de l'individu en réponse à des variations d'environnements lumineux sont ceux de Flynn, dans les années 1970. Plus

spécifiquement, l'équipe a étudié la relation entre l'apparence d'une salle de conférence selon différents scénarios d'éclairage et le jugement d'appréciation des usagers de la salle. L'étude de Flynn est remarquable sur l'aspect de la méthodologie employée et des résultats obtenus. Elle représente un apport considérable dans l'étude de la perception des environnements lumineux en situation réelle, pour toute la communauté scientifique. Les paragraphes suivants aborderont les points méthodologiques utilisés et les principaux résultats de ce type d'expérimentation. A noter que la méthodologie proposée par Flynn est clairement exposée, de sorte à être mise à disposition des experts de la communauté scientifique, qui souhaitent investiguer la perception des environnements lumineux du point de vue des observateurs. Cette démarche n'est pas retrouvée dans les modèles et méthodes précédemment cités qui faisaient l'objet d'un bilan des différentes méthodologies utilisées par les auteurs.

Les premiers travaux de Flynn (Flynn, *et al.*, 1973) concernant l'évaluation d'environnements lumineux avaient pour but de tester les nouvelles méthodes issues de la psychologie environnementale jusqu'alors jamais investiguées dans le domaine de l'éclairage. L'auteur avait donc pour objectif d'étudier l'évaluation d'environnements lumineux à travers différentes approches : l'usage d'échelles sémantiques différentielles pour procéder à une analyse factorielle des résultats, l'usage d'échelles multidimensionnelles et enfin l'observation des comportements au sein d'un environnement lumineux.

Le contexte d'étude est une salle de conférence, au sein du *General Electric Lighting Institute*. La pièce est spécialement conçue pour faire varier les éclairages, un dispositif expérimental idéal pour créer différents scénarios d'éclairage. Les paramètres étudiés étaient la répartition (centrale ou périphérique), la quantité (faible ou forte) et l'uniformité (directe ou diffuse) de la lumière dans la pièce. Ainsi, 96 observateurs ont été recrutés, scindés en douze groupes pour donner leur appréciation sur la salle de conférence. Six scénarios d'éclairage ont été testés. Les premières notes d'appréciation en lien avec les caractéristiques de l'environnement ont été obtenues dès que les observateurs entraient dans la salle. Puis, les cinq autres scénarios d'éclairage étaient présentés successivement en référence. L'intérêt était de présenter l'ensemble des scénarios pour que les sujets voient l'ensemble des variations des environnements lumineux. Ensuite, chaque scénario était présenté l'un après l'autre dans un laps de temps plus long (indéterminé dans cette étude) pour permettre aux sujets de donner leurs appréciations. L'environnement initial faisait partie des six scénarios étudiés. L'ordre de présentation des scénarios était spécifique à chaque groupe d'usagers. Afin de recueillir les appréciations des sujets sollicités, Flynn propose un questionnaire composé de 34 échelles sémantiques, dont une liste non exhaustive est présentée en figure 12 ci-après.

<b>scales representing VISUAL CLARITY</b>	clear: : : : : : : hazy distinct: : : : : : : vague bright: : : : : : : dim faces clear: : : : : : : faces obscure
<b>scales representing SPACIOUSNESS</b>	large: : : : : : : small spacious: : : : : : : cramped wide: : : : : : : narrow long: : : : : : : short horizontal: : : : : : : vertical
<b>EVALUATIVE scales</b>	like: : : : : : : dislike pleasant: : : : : : : unpleasant harmony: : : : : : : discord satisfying: : : : : : : frustrating beautiful: : : : : : : ugly interesting: : : : : : : monotonous cheerful: : : : : : : somber
<b>scales representing RELAXATION</b>	relaxed: : : : : : : tense
<b>scales representing SOCIAL PROMINENCE OR ANONYMITY</b>	public: : : : : : : private faces clear: : : : : : : faces obscure
<b>scales representing COMPLEXITY</b>	simple: : : : : : : complex uncluttered: : : : : : : cluttered
<b>scales that identify the presence of MODIFYING INFLUENCES</b>	warm: : : : : : : cool glare: : : : : : : non-glare colorful: : : : : : : colorless
<b>scales that identify SPATIAL MODIFIERS</b>	focused: : : : : : : unfocused overhead: : : : : : : peripheral uniform: : : : : : : non-uniform non-specular: : : : : : : specular real: : : : : : : fantasy stable: : : : : : : unstable

Figure 12 : les échelles sémantiques bipolaires proposées par Flynn (Flynn, 1979)

Quelle que soit la méthodologie utilisée (analyse factorielle, l'analyse multidimensionnelle), l'étude du jugement d'appréciation des observateurs a donné des résultats similaires. Des 34 échelles initialement proposées, seules 17 ont permis de différencier significativement les scénarios d'éclairage, du point de vue des usagers. Flynn a montré que la perception d'un environnement se fait via trois dimensions essentielles:

- l'évaluation globale, déterminée par l'uniformité et la répartition de la lumière dans la pièce,
- la clarté perçue, déterminée par la quantité de lumière dans la pièce,
- l'espace perçu, déterminé par la quantité, l'uniformité et la répartition de la lumière dans la pièce.

A partir de ces travaux, et après avoir reçu l'approbation de l'*Illuminating Engineering Society of North America* (IESNA), des recommandations destinées d'une part, à la communauté scientifique, et d'autre part aux concepteurs en éclairage et aux sociétés professionnelles d'éclairagisme ont été formulées (Flynn, 1977). L'objectif de ces recommandations étaient des pistes pour les concepteurs pour produire différents effets subjectifs en modifiant uniquement l'éclairage d'une pièce (Tiller & Saint-Martin, 1994). Elles ont été synthétisées dans le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3 : Renforcement des effets subjectifs par l'éclairage, selon Flynn 1977. Source : Tiller, 1994

Impression subjective	Facteur de renforcement
Clarté visuelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Éclairage lumineux et uniforme</li> <li>• Accentuation par des éléments périphériques comme les murs à facteur de réflexion élevé et l'éclairage mural</li> </ul>
Grandeur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Éclairage uniforme et éclairage périphérique (mural)</li> <li>• La luminosité constitue un facteur de renforcement non décisif</li> </ul>
Relaxation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Éclairage non uniforme</li> <li>• Accentuation par des éléments périphériques (muraux) préférable à un éclairage vertical</li> </ul>
Intimité	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Éclairage non uniforme</li> <li>• Faible intensité lumineuse autour de l'utilisateur et luminosité plus élevée aux endroits éloignés</li> <li>• L'accentuation par des éléments périphériques (muraux) constitue un facteur de renforcement non décisif</li> </ul>
Milieu le plus agréable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Éclairage non uniforme</li> <li>• Accentuation par des éléments périphériques (muraux)</li> </ul>

Sur la base de ses résultats, l'auteur a édité un guide méthodologique (Flynn, *et al.*, 1979). Flynn avait pour ambition de proposer une méthodologie unique pour réaliser des études sur la perception des environnements lumineux, afin qu'elles puissent être comparables entre elles. Ainsi, le guide méthodologique de Flynn renseigne tous les éléments nécessaires pour le design d'une étude axée sur l'évaluation d'environnements lumineux variables en termes de quantité, d'uniformité, de répartition et de couleur de lumière. Il donne des pistes quant à la procédure à mettre en place (recrutement des sujets, conception des scénarios d'éclairage, le temps d'exposition, l'ordre de présentation des scénarios) et les analyses statistiques à effectuer selon les différentes méthodes d'analyse préalablement identifiées (analyse factorielle, l'analyse multidimensionnelle). La méthode ainsi développée représente un outil précieux permettant aux experts du domaine architectural de concevoir un environnement adapté aux usagers car la méthodologie permet de mettre en évidence les paramètres-clés à prendre en compte des environnements lumineux.

Nous retiendrons de cette méthode la volonté de comprendre scientifiquement les éléments contribuant à l'appréciation d'un environnement lumineux du point de vue des usagers afin de transmettre au corps professionnel, des recommandations en matière de conception d'environnements lumineux adaptés aux attentes et besoins d'usagers. Cette démarche est donc très similaire à celle que nous souhaitons développer dans ce programme de recherche.

Cependant, bien que très innovants, ces travaux ont fait l'objet de nombreuses critiques (McCloughan, Aspinall, & Webb, 1999; Tiller & Rea, 1992; Veitch & McColl, 2001). La première porte sur le fait que l'étude se déroule dans les locaux de la General Electric. Les usagers sollicités étaient donc indirectement informés des objectifs, plus ou moins précis, de l'étude à laquelle ils participaient. Or, les travaux de Boray *et al.* (Boray, Gifford, & Rosenblood, 1989) montrent que lorsque l'attention du sujet est portée intentionnellement sur les variations d'environnements lumineux, des différences de perception entre les scénarios sont observées, alors qu'elles seraient inexistantes en situation réelle. De plus, les recommandations formulées par Flynn (Flynn, 1977; Flynn, *et al.*, 1979) ont été admises sans aucune remise en question des résultats obtenus. Ces travaux ont été exploités, bien qu'ils n'aient fait l'objet que d'une seule publication, elle-même issue des résultats d'un rapport intermédiaire proposé un an auparavant par l'auteur. Dans quelle mesure un contexte aussi spécifique qu'une salle de conférence en Pennsylvanie (USA) peut-il s'adapter sans approfondissements complémentaires à d'autres contextes d'étude ? De manière générale, c'est également ce que mentionne Gifford dans un rapport interne : très peu d'études sur le comportement dans le domaine de l'éclairage ont été répliquées. Pour cet auteur, c'est une des causes majeures du manque de compréhension et des nombreuses contradictions recensées dans la littérature (Gifford, 1994).

La critique est également portée sur la taille des effectifs d'usagers interrogés. En effet, alors que dans l'étude fondamentale, Flynn considère un panel de 96 personnes, il recommande plus tard un effectif réduit à une quarantaine de sujets. Cet effectif est largement inférieur aux recommandations établies par les chercheurs spécialisés dans l'étude des comportements. Les auteurs recommandent théoriquement dix sujets pour une question posée (Kerlinger, 1986) ; ou les normes Afnor qui préconisent des panels de consommateurs de 60 à 120 personnes (AFNOR V09-500).

Par ailleurs, la sélection des items des échelles sémantiques permettant la récolte des informations perceptives des individus, n'a pas été argumentée par Flynn. Cependant, aucune restriction n'a été indiquée par l'auteur quant au nombre d'échelles composant le questionnaire. L'outil doit simplement être adapté spécifiquement aux objectifs et au contexte. "Alors qu'il n'existe pas une seule et unique série d'échelles adaptée à tous les contextes, une sélection d'entre elles devrait



normalement comprendre un échantillon d'échelles associées aux paramètres pertinents »<sup>14</sup> (Flynn, 1979). Il mentionne simplement la fatigue du sujet d'étude comme un biais potentiel à l'étude et conseille un questionnaire d'une durée de 45 minutes maximum. Ainsi, et nous le verrons par la suite, il est difficile de comparer les études entre elles du fait de cette disparité méthodologique : la variabilité des attributs sémantiques bornant les échelles entre les études est souvent trop grande pour obtenir des résultats comparables.

En d'autres termes, la taille des effectifs, le choix des échelles sémantiques, les méthodes statistiques ont été largement remis en question, si bien que les résultats de travaux répliqués plus tard, ne sont pas similaires à ceux obtenus par Flynn, en 1973 (Flynn, *et al.*, 1973). En effet, l'équipe de Hawkes *et al.* (Hawkes, Loe, & Rowlands, 1979) a tenté sans succès de décrire la perception d'un environnement lumineux selon une approche basée sur la méthodologie proposée par Flynn. Hawkes considérant deux dimensions : la luminosité perçue ainsi que l'uniformité via une approche multidimensionnelle, n'a pas pu tirer de résultats concluants pour leur étude.

Plus tard, Veitch & Newsham (Veitch & Newsham, 1998) proposent de répliquer l'étude de Flynn avec un échantillon de sujets plus conséquent, dans un environnement de travail. 292 sujets ont été recrutés pour décrire l'apparence de bureaux, construits en laboratoire à échelle réelle, en utilisant 27 échelles sémantiques sur la base des travaux de Flynn et Hawkes (Figure 13).

---

<sup>14</sup> "Although there is no one set of scales suitable for all propose, a given selection should normal include scale samples from pertinent factors"

	Unrotated Component Loadings		
	Visual Attraction	Complexity	Brightness
like - dislike	0.837		
pleasant - unpleasant	0.836		
beautiful - ugly	0.825		
attractive - unattractive	0.820		
interesting - monotonous	0.767		
colourful - colourless	0.724		
comfortable - uncomfortable	0.718		
subdued - stimulating	-0.673		
gloomy - radiant	-0.611		
spacious - cramped	0.610		
sombre - cheerful	-0.608		
tense - relaxing	-0.540		
distinct - vague	0.505		
cluttered - uncluttered		-0.610	
nonuniform - uniform		-0.589	
constant - flickering		0.569	
complex - simple		-0.515	
bright - dim			0.655
glaring - not glaring			-0.462
warm - cool			
overhead - peripheral			
large - small			
dramatic - diffuse			
faces clear - faces obscure			
public - private			
formal - casual			
clear - hazy			
% Variance explained	28.77	9.27	6.18
Cronbach's I	.92	.51	N/A

Note. The instructions for this task were: "We would like you to tell us your opinions of the appearance of this room and of people and objects in it. There are no right or wrong answers. Different people will judge the room in different ways. Please mark the place on the scale close to the adjective that you feel best describes your opinion. The more strongly you feel about the adjective, the closer you should place your mark to it." Responses were scored on a continuous scale from 0-100.

Figure 13 : Regroupement factoriel des échelles sémantiques utilisées par Veitch et al. (1998)

Les résultats de deux équipes divergent. Les dimensions les plus robustes qui émergent de l'étude de Veitch sont l'attraction visuelle, la complexité et la luminosité perçue. Autrement dit, les travaux de Flynn et ceux de Veitch ont été construits sur la base d'une méthodologie similaire, mais non identique dans l'usage des échelles sémantiques utilisées. Les résultats des deux études ont alors des résultats applicatifs différents. La différence est-elle due à la méthodologie employée ou aux variables expérimentales considérées ?

Les auteurs de ces travaux ne prennent pas position. Nous retiendrons alors, que l'usage d'échelles sémantiques ne conduit pas à des résultats consensuels et qu'il serait préférable de s'en affranchir dans le cadre de notre projet de recherche.

Nous évoquons plus haut, l'intérêt de Flynn à transposer les résultats d'études scientifiques en recommandations destinées aux professionnels et concepteurs lumière. Ingrid Vogels, chercheur à l'Université Technique d'Eindhoven (Pays Bas), en collaboration avec le centre de recherche chez



Philips Lighting, a récemment eu pour projet d'adapter les modèles précédemment décrits au secteur industriel.

#### **4. La description de l'atmosphère, selon Ingrid Vogels (2008)**

Les travaux de Flynn ont permis de mesurer l'impression subjective liée à des environnements lumineux variables et ont mis en évidence les trois catégories d'échelles sémantiques permettant de décrire comment un environnement était visuellement perçu (impression générale, clarté perçue, sensation d'espace). Cependant, selon Vogels, la littérature est pauvre lorsqu'il s'agit d'évaluer la perception d'une atmosphère. L'atmosphère est décrite selon elle, comme l'évaluation d'un environnement à l'égard de l'effet subjectif attendu. Autrement dit, l'atmosphère d'un lieu peut engendrer sur l'utilisateur un état affectif, tel qu'être stressé, relaxé ou reposé, en réponse à l'atmosphère présente dans le lieu. L'auteur souhaite alors développer une méthode permettant de mesurer la perception d'une atmosphère, autrement dit de mettre en évidence les dimensions définissant l'atmosphère perçue par les usagers d'un environnement intérieur (Vogels, 2008).

Pour ce faire, la méthodologie de Vogels a été élaborée en deux temps. Le premier vise à recueillir les mots utilisés par les usagers pour décrire l'atmosphère d'un environnement. Dans le deuxième, l'auteur a procédé à un regroupement sémantique des mots collectés pour la conception d'un questionnaire. Les paragraphes à venir détailleront la méthodologie employée pour chacune des deux étapes.

Dans un premier temps, 43 sujets néerlandais ont été interrogés pour répondre à un questionnaire au questionnement ouvert. Les consignes étaient de visualiser intellectuellement plusieurs lieux tels que le salon de leur lieu de résidence, leur magasin favori, le cabinet d'un dentiste et de décrire les atmosphères avec un maximum de termes.

184 termes ont été collectés à la suite de l'enquête. L'auteur a alors procédé à un regroupement sémantique des termes collectés. Trois groupes ont été créés :

- le premier regroupe les mots en lien avec les émotions ou les humeurs ressenties par le sujet dans le lieu, tel que « terrifié ». On pourra alors parler de l'effet produit par l'environnement sur le sujet.
- le deuxième regroupe les mots liés à l'atmosphère du lieu, tel que « cosy ». On parlera d'une description subjective de l'environnement par le sujet.

- Le troisième regroupe les mots donnant une description objective du lieu, tel que « lumineux ».

Pour réduire le nombre de mots et concevoir le questionnaire, Vogels fait le choix de supprimer les mots du troisième groupe et regroupe arbitrairement les mots qui selon sa propre interprétation, ont une signification similaire. Enfin, Vogels sélectionne dans chacun des groupes restant les termes les plus représentatifs de la catégorie. La liste des 184 mots est alors réduite à 38 et est représentée en Figure 14. A noter que l'étude a été faite auprès de Néerlandais. La traduction des mots en anglais a été faite par l'auteur.

Dutch word	English word	Dutch word	English word
actief	active	koud	cool
afstandelijk	detached	levendig	lively
beangstigend	terrifying	luxueus	luxurious
bedompt	musty	mysterieus	mysterious
bedreigend	threatening	ongedwongen	uninhibited
behaaglijk	cozy	ongemakkelijk	uncomfortable
beklemmend	oppressive	onrustig	restless
deprimerend	depressed	ontspannen	relaxed
enerverend	exciting	persoonlijk	personal
formeel	formal	romantisch	romantic
gastvrij	hospitable	ruimtelijk	spatial
geborgen	safe	rustgevend	tranquil
gemoedelijk	pleasant	saai	boring
gespannen	tense	sloom	lethargic
gezellig	pleasant	stimulerend	stimulating
inspirerend	inspiring	toegankelijk	accessible
intiem	intimate	vijandig	hostile
kalm	calm	vrolijk	cheerful
kil	chilly	warm	warm
knus	cozy	zakelijk	business

Figure 14 : Les mots hollandais/anglais du questionnaire de la mesure de la perception de l'atmosphère d'environnements intérieurs (Vogels, 2008)

La deuxième étape de conception selon la méthodologie de Vogels est la validation du questionnaire dans différents lieux (commerces, restaurant, banque, casino). Pour ce faire, huit sujets ont été sollicités pour visiter onze lieux situés dans le centre ville d'Eindhoven. Les consignes étaient de noter combien de mots proposés dans le questionnaire s'adaptaient à l'atmosphère, sur une échelle en cinq points, allant de « pas du tout adapté » à « beaucoup adapté ».

Une analyse factorielle des scores obtenus a permis de faire ressortir quatre dimensions permettant la description d'une atmosphère :

- le caractère cosy,
- le caractère vivant,
- le caractère stressant,
- le caractère formel.

Cet outil permet de discriminer les atmosphères de différents environnements, tels que des établissements commerciaux (Custers, de Kort, IJsselsteijn, & de Kruiff, 2010) et des restaurants (Vogels, 2008). Plus tard, plusieurs membres de l'équipe de recherche ont poursuivi les dits travaux pour étudier l'effet de différentes grandeurs photométriques de la lumière blanche sur la perception de l'atmosphère, notamment la quantité de lumière, la température de couleur et la répartition de la lumière (Bronckers, IJsselsteijn, & Kort, 2009; Van Erp, 2008; Vogels, 2008). Les auteurs ont montré que l'exposition des observateurs (N=32, 50% d'hommes, Moyenne d'âge= 26) à des différents scénarios d'éclairage avait une influence sur l'atmosphère perçue de la pièce. En effet, selon les auteurs, un environnement lumineux caractérisé par une forte quantité de lumière à teinte chaude est perçu comme étant vivant, moins stressant et moins cosy.

Nous retiendrons de cette méthodologie la volonté des auteurs à construire un questionnaire sur la base du ressenti des sujets interrogés. Cette démarche, centrée sur l'utilisateur, est d'autant plus intéressante qu'elle permet de se rapprocher davantage de la perception des individus interrogés en mettant en évidence le vocabulaire qu'ils emploient dans un contexte particulier. L'usage de ces mots dans un questionnaire permet ainsi de réduire les problèmes d'interprétation des mots proposés, comme nous l'avons déjà évoqué dans le modèle de Küller.

Dans notre cas, nous sommes focalisés sur l'étude de la perception de l'environnement lumineux dans le secteur de l'hôtellerie, un secteur qui n'a pas été investigué par l'équipe de recherche d'Ingrid Vogels. En ce sens, il serait intéressant d'adapter cette méthodologie au recueil des mots des clients de l'hôtel pour décrire les environnements lumineux tels qu'ils les perçoivent.

## **5. La description des environnements lumineux à partir des effets engendrés sur le comportement, selon Igor Knez (1995)**

Les effets directs de la lumière sur l'individu ont ainsi été étudiés et ont donné lieu à de nombreuses recommandations en termes de conception d'environnements lumineux. Knez (1995) reproche à ces travaux de ne considérer que l'aspect perceptif et direct de la lumière sur l'individu alors que de

nombreux travaux ont mis en évidence l'effet indirect de l'environnement lumineux sur le comportement de l'individu. Gifford a montré des conséquences de l'éclairage sur les sujets de conversations entre personnes, Heerwagen a développé une théorie de « Mangeur de Lumière » pour comprendre les préférences d'individus souffrant de dépression saisonnière, Veitch a montré l'influence des environnements lumineux sur l'appréciation de candidats potentiels à un emploi fictif (Gifford, 1988; Heerwagen, 1990; Veitch & Kaye, 1988).

Selon l'auteur, l'environnement lumineux est considéré comme un biotope artificiel, décrit selon des paramètres physiques qui influencent les individus qui vivent dans ce biotope. Knez fait l'hypothèse que ce milieu de vie artificiel influence l'humeur de l'organisme, de manière positive ou négative, ainsi que ses processus cognitifs. De la même façon, l'auteur fait l'hypothèse que les processus cognitifs de l'individu dans l'environnement pourraient être influencés par l'humeur engendrée (Figure 15). Le modèle est donc basé sur le postulat selon lequel l'état affectif d'un individu (son humeur) peut influencer fortement la façon dont il pense et dont il se comporte (Isen, 1987). La Figure 15 ci-dessous illustre le principe du biotope artificiel de Knez.

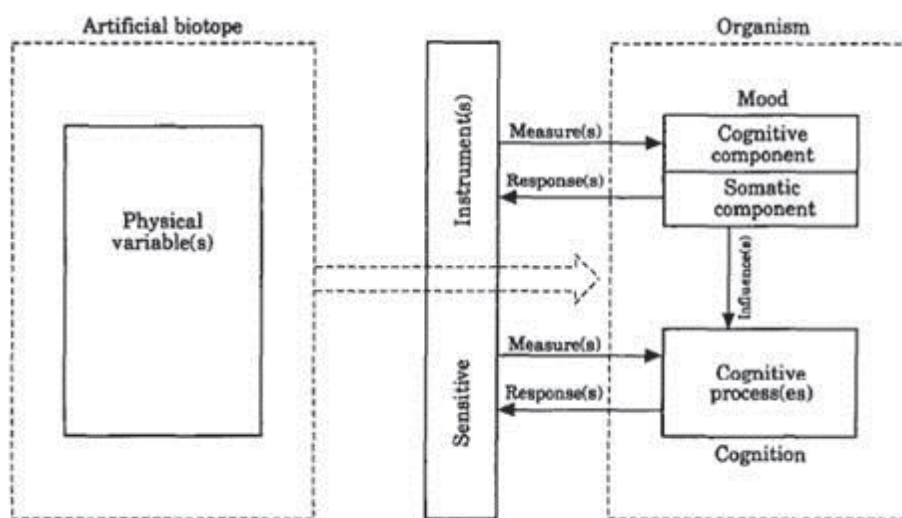


Figure 15 : une ébauche d'une modèle du biotope artificiel et des organismes (Knez, 1995)

Baron a utilisé un protocole similaire pour mesurer l'influence de bons odorants diffusés dans un environnement de travail sur les performances cognitives des occupants (Baron, 1990). Dans cette étude, les auteurs ont effectivement montré de meilleures performances des sujets lorsqu'ils étaient exposés à de bonnes odeurs. De ces résultats, les auteurs ont conclu qu'un environnement jugé plaisant avait une influence sur l'état affectif et cognitif des occupants et ont alors émis l'hypothèse que de tels effets pouvaient être observés lors d'une exposition à un environnement lumineux plaisant. Cependant Baron *et al.* (Baron, Rea, & Daniels, 1992) n'ont pas montré d'effet de

l'environnement lumineux sur l'humeur des observateurs interrogés. Selon Knez, l'absence de résultats concordants entre les deux études s'expliquerait par une durée d'exposition trop courte pour induire un changement de comportement sur l'utilisateur (20 minutes dans l'étude de Baron, 1992 ; 120 minutes pour Knez, 1995).

Afin de valider son modèle, Knez a répliqué l'étude de Flynn (Flynn, 1977) afin de tester l'hypothèse selon laquelle si les usagers préfèrent l'environnement le plus chaud et à faible quantité de lumière, leur humeur devrait être meilleure lorsqu'ils vivent dans cet environnement durant la réalisation d'une tâche. Knez met en avant des résultats similaires à ceux de Flynn, avec quelques variantes. En effet, les observateurs montrent leur capacité à distinguer les différences de teintes de lumière, par contre il semblerait que les hommes et les femmes n'aient pas les mêmes attentes en termes de scénarios d'éclairage. Ainsi, le scénario à teinte chaude à faible quantité de lumière ne semble pas être préféré pour l'ensemble de la population interrogée.

Dans le prolongement de ces résultats, de nombreuses équipes ont approfondi ces travaux, multipliant les dimensions subjectives relatives à la perception des environnements lumineux. Or, vu la complexité du modèle de perception, il est difficile de relier spécifiquement une dimension subjective à un paramètre physique de l'environnement. L'utilisation des échelles sémantiques est alors remise en question par la difficulté d'associer une dimension subjective à la modulation d'un paramètre spécifique de l'éclairage (Tiller, 1990). De ce point de vue, nous considérons l'étude de l'influence dite directe de l'environnement sur l'individu, c'est-à-dire la mesure de la modulation du jugement d'appréciation en réponse aux variations de l'environnement.

De manière générale, les études en laboratoire permettent de pallier au problème des biais induits par la présence d'autres facteurs non maîtrisés en situation réelle (Küller & Wetterberg, 1993) mais ils ne reflètent donc pas la réalité écologique de l'utilisateur. Boray (Boray, *et al.*, 1989) exprime clairement les biais de chacun des dispositifs expérimentaux pour justifier son choix : « Nous avons choisi un cadre et des tâches suffisamment réalistes pour être maîtrisées, plutôt qu'une approche totalement maîtrisée au détriment du réalisme (i.e. Blackwell, 1985), ou un environnement où la maîtrise des biais expérimentaux est difficile (par exemple London, 1987) »<sup>15</sup>.

C'est une des raisons pour laquelle les expérimentations menées dans notre projet se dérouleront en situation réelle d'usage.

---

<sup>15</sup> *We chose a setting and tasks that are both reasonably realistic and reasonably well-controlled, rather than an extremely controlled approach at the expense of realism (e.g. Blackwell, 1985) or a field setting where experimental control is difficult (e.g. London, 1987).*

En conclusion, le chapitre 2 a décrit les méthodes utilisées en psychologie expérimentale et environnementale pour comprendre l'influence de l'environnement sur la perception des individus. Cinq méthodologies fondatrices de la littérature ont été décrites. Les avantages et les inconvénients de ces méthodologies ont été présentés. Nous retiendrons principalement 1) la spécificité du contexte d'étude des travaux inscrits dans la littérature, non répliqué ou difficilement transférable à d'autres contextes d'étude ; 2) la qualité de l'échantillonnage des usagers interrogés est souvent trop faible pour pouvoir obtenir des analyses statistiques fiables ; 3) l'absence de consensus des protocoles d'études utilisés. De plus, à notre connaissance, il n'existe pas de méthodologie permettant d'étudier la perception des environnements lumineux en contexte hôtelier. C'est pourquoi, nous souhaitons développer une méthode spécifique à l'hôtellerie en intégrant les ressentis des individus.

## **CHAPITRE 3**

### **EVALUER un environnement lumineux**

Notre programme de recherche étant axé sur l'influence des paramètres de l'éclairage, des usages et des caractéristiques individuelles sur le jugement d'appréciation, ce chapitre fait le bilan des connaissances acquises sur la relation directe et indirecte établie entre un individu et son environnement lumineux. Plus particulièrement, le chapitre fait état de 1/ l'influence des paramètres de l'éclairage sur le jugement d'appréciation, avec notamment l'influence de la quantité de lumière, de la température de couleur puis l'influence combinée de la quantité de lumière et de la température de couleur sur l'évaluation des environnements ; 2/ celui de la situation d'usage et 3/ l'effet des caractéristiques individuelles sur le jugement d'appréciation. Notre choix d'exposer spécifiquement la littérature portée sur l'influence de la quantité et de la température de couleur de la lumière sur le jugement d'appréciation, se justifie par notre cadre expérimental (cf. Partie 2).

A noter que les paragraphes et sections précédents ont montré l'intérêt d'utiliser des approches holistiques pour étudier la perception (Köster, 2009). Cependant, la littérature recense de nombreux travaux focalisés sur l'influence des paramètres de l'éclairage isolés sur le jugement d'appréciation. Cette section fait état de cette littérature à partir de laquelle nous avons construit notre raisonnement.

## **1. L'influence des paramètres photométriques sur l'évaluation des environnements lumineux**

Les commissions internationales, telles que la Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE), Swedish National Board for Industrial and Technical Development (NUTEK), la Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) et les équipes de recherche Illuminating Engineering Society of North America, *Lighting Handbook* (Rea, 1993) recensent aujourd'hui les critères photométriques pour décrire les conditions minimales requises pour les bonnes pratiques de l'éclairage. L'éclairement, la luminance, la répartition des luminances, l'uniformité, le clignotement des lampes, la distribution spectrale de la lumière dans l'espace ainsi que le système de contrôle des ambiances, l'orientation directe ou indirecte du flux lumineux et enfin, l'utilisation de la lumière naturelle sont les paramètres ayant une influence sur la définition de la qualité d'un éclairage (Boyce, 2003; Veitch & Newsham, 1996a, 1996b). Cependant, il n'existe pas aujourd'hui de consensus sur les modalités exactes de l'éclairage contribuant spécifiquement à un jugement d'appréciation positif. Selon Veitch (Veitch, 2001), le jugement esthétique d'un environnement correspond à une interprétation et à la catégorisation de ce qui est vu par l'individu et n'est pas toujours décrit selon des caractéristiques physiques objectives. En cohérence avec notre problématique, nous avons choisi de dresser le bilan



des travaux faisant état de l'influence de deux paramètres majeurs de l'éclairage à savoir: la quantité de lumière et la température de couleur de la lumière, sur l'évaluation de l'environnement lumineux.

### 1.1. L'influence de la quantité de lumière

La quantité de lumière dans un environnement fait l'objet de recommandations internationales. En ce qui concerne la France, l'Association Française de l'Eclairage publie régulièrement des guides et recommandations pour l'éclairage des différents lieux de vie, tels que l'environnement urbain, les espaces de santé, l'hôtellerie, les locaux scolaires, les espaces de travail. Cependant, force est de constater que les normes ne sont pas toujours respectées. Küller *et al.* (Küller, *et al.*, 2006) selon les résultats d'une étude longitudinale dans quatre pays aux positions géographiques différentes (Argentine, Arabie Saoudite, Suède, Angleterre) ont montré que les quantités de lumière peuvent varier de 30 à 200 lx entre les pays, et que les niveaux de lumière sur les zones de travail étaient en général inférieurs aux normes fixées respectivement dans chaque pays. Pourtant, d'un point de vue perceptif, 70% occupants interrogés dans cette étude, quel que soit le pays, jugeaient leurs environnements de travail suffisamment éclairés. Par contre, une enquête à grande échelle sur la qualité de l'éclairage a montré une corrélation très faible entre l'indice de qualité de l'environnement lumineux proposé par l'auteur et la qualité perçue des occupants. Ces auteurs affirment d'une part que les usagers préfèrent des quantités de lumière plus élevées que celles fixées par les normes internationales (Chung & Burnett, 2000). D'autre part, ils ont expliqué que la variabilité des recommandations selon les pays était due aux différences de quantité de lumière préférées (Belcher, 1985). Ces résultats sont dans la continuité des travaux repris par Veitch *et al.* dont les conclusions étaient que les niveaux de lumière préférés des usagers étaient généralement supérieurs aux normes, et ce, quelle que soit la culture (Veitch & Newsham, 1996b). A titre d'exemple, aux Pays-Bas, une étude montre que les employés de bureaux apprécient un éclairage moyen de 1300 lx alors que la quantité de lumière recommandée sur les bureaux est de 500 lx (Saunders, 1969). Les employés en Angleterre préfèrent bénéficier d'un éclairage de 800 lx alors que la norme recommande un éclairage de 400 lx (Boyce, 1973).

Les résultats de ces deux enquêtes sont contradictoires et semblent montrer que les usagers dans leur espace de travail ne portent pas une attention particulière au niveau de lumière caractérisant leur espace de travail. En ce sens, on pourrait se demander si les usagers perçoivent les variations de quantité de lumière. Flynn fut le premier à étudier l'influence de l'environnement lumineux sur les impressions et les comportements des individus. Dans ses travaux fondamentaux, Flynn a étudié l'influence des variations de quantité de lumière (faible et fort) dans une salle de conférence, sur l'évaluation de 96 observateurs. Flynn montre alors que les observateurs n'expriment pas de

jugement d'appréciation global différent en fonction de la quantité de lumière dans la pièce. Par contre, lorsque la pièce est éclairée avec le scénario à forte quantité de lumière, les observateurs expriment une sensation de clarté et d'espace plus grande comparé au scénario à faible quantité de lumière (Flynn, *et al.*, 1973). Autrement dit, les observateurs perçoivent les variations de niveau de lumière dans la pièce mais n'y attribuent pas un jugement d'appréciation différent.

Plusieurs études réalisées plus tard en contexte de bureau, confirment les résultats de Flynn.

Davis *et al.* ont fait varier la quantité de lumière dans la pièce selon trois modalités : faible, moyen et fort. Aucune précision n'est donnée sur la quantité de lumière précise étudiée. Les résultats montrent que le niveau de lumière influence les préférences des observateurs et que les niveaux moyens et forts de l'éclairage sont évalués par des notes d'appréciation statistiquement plus élevées que celles de l'environnement à faible de lumière (Davis & Ginthner, 1990).

De la même façon, Baron *et al.* (Baron, *et al.*, 1992) ont montré que plus le niveau d'éclairement augmente dans une pièce, plus la quantité de lumière perçue est importante, du point de vue de l'usager. En effet, Baron *et al.* ont fait varier la quantité de lumière (150 lx et 1500 lx) dans une pièce aménagée en bureau. L'étude portait sur l'influence de scénarios d'éclairage sur les performances des sujets lors de tâches cognitives. Les auteurs ont utilisé entre autres des échelles sémantiques bipolaires pour mettre en évidence des différences de qualité perçue de la lumière (sombre-lumineux, sans couleur-coloré, froid-chaud, non éblouissant-éblouissant, net-flou) et d'appréciation générale de l'environnement (non attractif-attractif, non plaisant-plaisant, je n'aime pas-j'aime). Les résultats de l'étude ont montré que les observateurs percevaient clairement les variations de niveaux de lumière. Le scénario à forte quantité de lumière était perçu comme plus lumineux et plus clair (*clear*). Par contre, les observateurs n'avaient donné aucune préférence pour l'un ou l'autre des scénarios d'éclairage, les notes d'appréciation globale de la pièce n'étaient pas significativement différentes (Baron, *et al.*, 1992).

Plus récemment, l'influence des variations de la quantité de lumière a été étudiée dans un environnement de travail réaliste reproduit en laboratoire (Durak, Camgöz Olguntürk, Yener, Güvenç, & Gürçınar, 2007). Selon les auteurs, la quantité de lumière a une incidence sur l'évaluation d'un espace en situation réelle. Un panel de 100 observateurs a été sollicité pour donner une appréciation par rapport à différents scénarios d'éclairage variables en termes de quantité de lumière (500 ou 320 lx). Pour ce faire, les observateurs devaient choisir l'environnement le plus adapté aux impressions subjectives proposées dans un questionnaire, telles que la luminosité perçue, l'espace perçu, le sentiment de détente, l'intimité et l'appréciation générale. Les auteurs ont montré une relation entre les impressions subjectives et la quantité de lumière. A partir de leurs résultats, les auteurs ont proposé l'environnement lumineux le plus adapté à chacune d'elles. Les fortes quantités de lumière (500 lx) sont associées à des impressions de clarté, d'espace tandis que les faibles quantités de

lumière (320 lx) sont associées aux impressions de détente et d'intimité. Cependant, les observateurs donnent un jugement d'appréciation similaire à l'un et l'autre scénario aux quantités de lumière différentes.

Le tableau 4 permet d'avoir une vision d'ensemble des différentes études citées. Les données de la littérature montrent à plusieurs reprises que les sujets perçoivent les différences de niveaux de lumière sans pour autant exprimer une préférence pour l'un ou l'autre des scénarios. Seules les impressions subjectives exprimées lors des expositions aux scénarios sont différentes du point de vue de l'observateur : les scénarios à faible quantité de lumière sont associés à une impression de détente contrairement aux fortes quantités de lumière associées à une impression de clarté (Baron, *et al.*, 1992; Durak, *et al.*, 2007; Flynn, *et al.*, 1973; Nelson, Hopkins, Nilsson, & Trust, 1983).

Tableau 4 : Influence de la quantité de lumière

Auteur, Année	Sujet de l'article	Paramètres de l'éclairage		Sujets	Contexte	Procédure	Durée d'exposition	Résultats
		Q (lux)	T (K)					
Küller, 2006	Influence de Q sur l'humeur, en fonction de 4 pays (Argentine, Arabie Saoudite, Suède, Angleterre)	500	-	N=988 (M.âge=39,4±9,8)	réel bureaux lampes fluo	- Qualité perçue écl.: 1 éch. 4 pts - humeur: 12 éch. 4 points	5 sessions pendant 2 ans	- les éclairagements sont différents d'un pays à l'autre - la luminosité perçue est similaire entre les pays
Veitch, 1996	Quelles recommandations pour un éclairage de qualité ? Revue de littérature							Quantité de lumière, préférences et normes d'éclairage
Flynn, 1973	Influence de la lumière sur les impressions et le comportement	faible fort	-	N=96 [18, 55 ans]	réel salle de conférence	- qualité perçue env. (évaluation globale, clarté, espace) : Ech. SD - qualité perçue écl.	non renseigné	- effet Q sur la perception de clarté, d'espace - pas d'effet de Q sur l'appréciation globale,
Baron, 1992	Influence de Q, T, Q*T sur les performances	150 1500 4200 5000	3000 3600 4200 5000	N=91 (64 ♂) étudiants	laboratoire bureau lampes fluo	- humeur: PANAS - qualité de la lumière et de l'env. 8 éch. bipolaires <i>Attractif, plaisant, aimé, lumineux, coloré, chaude, éblouissant, clair</i>		- effet Q sur les impressions subjectives 1500 = plus lumineux, plus clair - pas d'effet Q sur l'appréciation globale
Durak, 2007	Influence de la quantité de lumière sur les impressions	320 500	2800	N=100 (60 ♂) étudiants [18-27 ans]	laboratoire bureau meublé Lampes incandesc.	choix <i>privé, clarté, spacieux, relax, plaisant, rangé</i>	réponse après 1 minute	- effet Q sur les impressions subjectives 320lx= relax, intime 500lx=clair, spacieux, ordonné - pas d'effet Q sur l'appréciation globale

Q : Quantité ; T : température de couleur, sc. : scénario, env. : environnement : éch. : échelle, éch. SD : échelle sémantique différentielle M. : Moyenne

## 1.2. L'influence de la température de couleur

Les travaux sur l'influence de la température de couleur sur le jugement d'appréciation ont notamment été entrepris lors de l'apparition de lampes fluorescentes sur le marché et des nombreuses campagnes publicitaires qui leur étaient associées dans les années 1970<sup>16</sup>. En effet, ces lampes proposaient une gamme de teintes de lumière plus large que celle proposée par la lampe à incandescence classique. Depuis, alors que des normes existent pour la quantité de lumière à installer dans un espace, seules quelques recommandations ont été proposées au regard de la température de couleur (Park, Chang, Kim, Jeong, & Choi, 2010).

Les paragraphes suivants font donc état des travaux sur l'influence de la température de couleur de la lumière sur le jugement des individus

Cockram *et al.* (Cockram & Collins, 1970) ont étudié les environnements lumineux de bureaux pour mettre en évidence les préférences des usagers au regard de l'éclairage artificiel associé à la lumière de jour et l'environnement préféré de nuit. La température de couleur était la seule modalité variable entre les scénarios d'éclairage étudiés. Quatre modalités étaient considérées: 6500 K, 4300 K, 4000 K, 3500 K. L'étude s'est déroulée en situation réelle, pendant quatre mois. Pour mesurer les préférences, les usagers (N=40 employés) remplissaient régulièrement un questionnaire pour évaluer à l'aide d'échelles en 9 points, l'apparence visuelle globale de leur espace de travail et donnaient leurs préférences en termes d'environnements lumineux. Les auteurs ont montré que de jour, la teinte froide (4300 K) a été jugée meilleure pour reproduire la lumière naturelle et était préférée des usagers pour un éclairage de jour comme de nuit. A noter que le deuxième choix de préférence était porté sur la teinte en blanc neutre (3500 K) jugée acceptable par les usagers.

En outre, une étude plus récente montre que les éclairages à température de couleur chaude, étaient préférés en opposition aux éclairages caractérisés par des températures de couleur plus froides. En effet, Park a étudié l'influence de quatre températures de couleur différentes sur l'appréciation visuelle générale de bureau et sur l'humeur de ses occupants (B. C. Park, *et al.*, 2010). L'étude s'est déroulée en situation réelle auprès de 38 étudiants sud coréens de 20 à 30 ans (21 hommes). Les températures de couleur étudiées étaient de 3000 K, 4000 K, 5000 K et 6000 K, des valeurs similaires à celles de l'étude de Cockram. La quantité de lumière est maintenue constante

---

<sup>16</sup> A la suite de l'arrivée des nouvelles lampes fluorescentes dans les années 1950, beaucoup pensaient que cette technologie avait une influence positive sur le comportement. Les médias étaient les principaux porteurs de ce message au travers de nombreux messages publicitaires. "New York Schools Consider Installing Full-Spectrum Lighting to Help Students", "A Case of Daylight Robbery"; "Natural Prozac"; "Report Card on School Lighting". En 1986, ces affirmations ont été dénoncées par l'Agence Fédérale Américaine des produits alimentaires et médicamenteux, (*Food Drug Administration*), accusant l'absence de preuves scientifiques répondant du bénéfice de cette technologie sur l'individu (FDA, 1986). Les travaux de scientifiques ont rapidement montré les limites de ces affirmations (McColl, *et al.*, 2000, Veitch, *et al.*, 2001)

(183 lx). Un questionnaire est proposé aux usagers de manière à ce qu'ils renseignent leurs choix quant à leur scénario préféré, celui qui leur paraissait le plus adapté à l'espace de travail et celui qui leur paraissait le plus lumineux. De la même façon, les résultats de l'étude ont montré que l'environnement lumineux préféré est décrit par une température de couleur à 4000 K et celui à 5000 K est jugé le plus adapté à une situation de travail.

Autrement dit, il semblerait que les variations de températures de couleur dans un contexte de travail soient perçues par les usagers, et que ceux-ci préfèrent les environnements plutôt froids (4000 k).

Cependant, l'étude de Boray *et al.* (Boray, *et al.*, 1989) ne confirme pas ces résultats. L'équipe de Boray a étudié en contexte de bureau, l'influence de trois températures de couleur (3000 K, 4100 K, 5000 K) sur le jugement d'appréciation de 117 étudiants, au regard de la qualité de l'environnement général du bureau. La quantité de lumière était maintenue constante (500 lx). Pour cela, les étudiants sollicités devaient renseigner au moyen d'échelles bipolaires en sept points leurs ressentis relatifs aux différents environnements (plaisant, confortable, aimé, beau, attractif). Les résultats de cette étude ne montrent aucun effet significatif de la température de couleur sur aucun des jugements d'appréciation. Les auteurs ont discuté l'absence d'effet de la température de couleur sur le jugement d'appréciation des usagers par le fait que l'environnement étudié soit simpliste. Selon eux, si l'environnement avait été plus coloré, les résultats auraient été différents. Cependant, les travaux de Küller (Küller, Mikellides, & Janssens, 2009) ne semblent pas confirmer cette assertion. Dans cette étude, alors que les sujets interrogés percevaient différemment la complexité de ces deux espaces, ceux-ci n'exprimaient pas de préférence pour l'un ou l'autre des environnements respectivement coloré ou neutre.

Le tableau 5 permet d'avoir une vision d'ensemble des différentes études citées portant sur l'effet de la température de couleur sur le jugement d'appréciation. De manière plus générale, on peut constater que le temps d'exposition des sujets interrogés aux scénarios d'éclairage est variable d'une étude à l'autre. Notons que les résultats de Cockram *et al.* sont obtenus après une exposition d'une vingtaine de minutes à chacun des scénarios d'éclairage alors que dans l'étude de Boray *et al.*, les étudiants ont formulé un jugement après quelques secondes d'exposition uniquement. Fotios entame alors une discussion pour déterminer dans quelle mesure l'effet du type de lampe est significatif pour le jugement d'appréciation des usagers. Il pose alors la question à savoir quelle impression est la plus importante dans la conception d'environnements lumineux, celle émanant d'une impression à court terme, la première impression, ou l'impression à long terme (Fotios, 2006). Dans le secteur de l'hôtellerie, cette question prend tout son sens. Alors que la première impression laissée par un établissement est souvent la plus importante aux yeux du client (Lin, 2004), les environnements lumineux choisis dans les espaces collectifs et privés d'un hôtel doivent aussi

répondre à un confort optimal sur toute la durée du séjour pour satisfaire les attentes du client. L'effet de la température de couleur sur les jugements d'appréciation des individus a donc été étudié mais des résultats contradictoires persistent pour prendre parti quant à l'influence d'un tel paramètre sur le jugement et le ressenti des individus.

Cependant, Veitch *et al.* (Veitch & McColl, 1994) ont proposé une revue de littérature sur les effets de la température de couleur sur les individus et sur leurs jugements d'appréciation. Au vu des travaux recensés (Baron, *et al.*, 1992; Boray, *et al.*, 1989; Cockram & Collins, 1970; Kolanowski, 1990; Küller & Wetterberg, 1993), l'auteur conclut que les différences de préférences mises en évidence par ces travaux, lorsqu'elles existent, sont dues à la différence de luminosité perçue entre les scénarios d'éclairage plutôt que celles dues à la perception des variations de température de couleur uniquement.

Tableau 5 : Influence de la température de couleur

Auteur, Année	Sujet de l'article	Paramètres de l'éclairage		Sujets	Contexte	Procédure	Durée d'exposition	Résultats
		Q (lux)	T (K)					
Cockram, 1970	Influence de T sur l'appréciation d'un env. de bureau, de jour et de nuit		3500 4000 4300 6500	N=40	Réel bureaux en open space lampes fluo	- Qualité perçue de l'env. 19 éch. Bipolaires, 9 pts - choix de scénarios préférés	4 mois, 20 minutes de test	- De jour, pour reproduire la lumière naturelle, T= 4300 K est préférée - La nuit, T= 4300 K est jugée acceptable - En 2 <sup>e</sup> choix, 3500 K (acceptable)
B.C. Park, 2010	Influence de T sur l'humeur, la luminosité perçue pour un bureau	183	3000 4000 5000 6000	N=38 (21 ♂) étudiants [20-30]	Réel Bureau lampes fluo	- Choix de l'env. - Choix de la T° la plus adaptée, - Evaluer la luminosité perçue	10 secondes	- 4000 K est préférée - 5000 K plus adaptée - Pas d'effet T sur la luminosité perçue
Boray, 1989	Influence T sur l'humeur et appréciation	500	3000 4150 5000	N=117 étudiants	Laboratoire Bureau lampes fluo	- Humeur - Qualité perçue de l'env.: éch. en 9 pts: <i>confortable, aimé, plaisant, belle</i>	court terme	aucun résultat significatif

Q : Quantité ; T : température de couleur, pts. : points, env. : environnement : éch. : échelle



Alors que la littérature dédiée spécifiquement à l'influence de la température de couleur sur l'individu est limitée, les données de la littérature sont plus conséquentes lorsqu'il s'agit de mettre en évidence l'influence combinée de la quantité de lumière et de la température de couleur sur le jugement d'appréciation des individus.

### 1.3. L'influence combinée de la température de couleur et de la quantité de lumière

Les premiers travaux ayant montré l'influence de la quantité et de la température de couleur de la lumière sur le confort perçu dans un environnement, ont été initiés par Kruithof (Kruithof, 1941). Les auteurs mentionnent le terme de confort perçu. De notre point de vue, les auteurs ont étudié l'appréciation de l'environnement, modulée par les variations en quantité et en température de couleur, car l'étude s'est déroulée en laboratoire. L'absence d'immersion de l'individu dans la situation rend difficile selon nous, le jugement de confort. Ces travaux ont montré qu'un environnement lumineux jugé agréable dépend d'une combinaison variable de la quantité de lumière et de la température de couleur des sources de lumière. Les résultats de l'étude ont été modélisés en deux dimensions (Figure 16) : l'éclairement (en log 10 lux) a été représenté en fonction de la température de couleur (MegaKelvin<sup>-1</sup>). Les échelles logarithmiques ont été choisies pour favoriser une meilleure représentation visuelle de la relation entre la quantité de lumière et la température de couleur. Deux courbes sont dessinées sur le graphique, elles montrent les limites entre lesquelles l'environnement lumineux est perçu comme agréable. Sur la base des réponses des sujets interrogés, les auteurs ont considéré qu'en deçà des limites basses de la quantité de lumière et pour de faibles valeurs de température de couleur, l'environnement lumineux est perçu comme étant sombre et trop chaud. Pour de fortes températures de couleur, l'environnement lumineux est perçu comme étant trop froid (*cold*). Inversement, au delà des fortes valeurs d'éclairement, l'environnement lumineux est perçu comme étant désagréable et peu naturel. Une zone optimale est alors définie (en blanc dans le graphique).

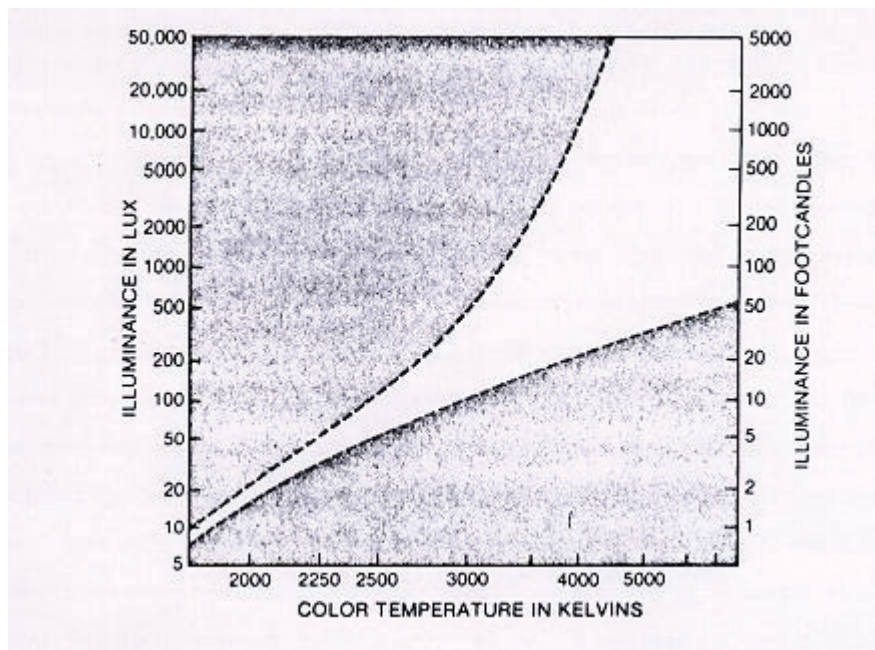


Figure 16 : Diagramme de Kruithof.

La zone blanche indique la meilleure combinaison entre la température de couleur et la quantité de lumière fournie par la source. Les combinaisons dans les zones grisées sont jugées inconfortables, plus spécifiquement, les combinaisons dans la zone basse sont jugées comme produisant un environnement froid et lugubre, la zone haute produit des environnements trop colorés et d'aspect non naturel (d'après Boyce, 03).

Bien que les travaux de Kruithof aient été pionniers en termes de technologie et largement utilisés pour la conception d'environnements lumineux, ceux-ci ont fait l'objet de diverses controverses (Fotios, 2001; Tiller, 1990). Les paragraphes à venir donnent des éléments de réponses pouvant expliquer la divergence des résultats.

Boyce *et al.* (Boyce & Cuttle, 1990) ont testé les limites de la courbe de Kruithof. Les auteurs ont étudié des environnements variables en termes de quantité de lumière selon quatre modalités<sup>17</sup> (30, 90, 225 et 600 lx) et de température de couleur selon deux modalités (2700 K et 6500 K). L'étude s'est déroulée en laboratoire, en contexte de bureau. Un questionnaire a été utilisé pour recueillir le jugement d'appréciation des sujets interrogés via des échelles sémantiques unipolaires, adaptées des travaux de Flynn (1973) et de Kruithof (1941). Les résultats ont montré que les préférences des observateurs étaient davantage influencées par les variations de niveaux de lumière que de températures de couleur. Les scénarios à forte quantité de lumière étaient préférés par les observateurs. Les auteurs ont expliqué l'absence d'effet de la température de couleur par un phénomène d'adaptation des sujets aux variations de teinte de lumière : les sujets exprimaient leurs jugements après avoir vécu 20 minutes dans la pièce expérimentale. De plus, les auteurs ont fait

<sup>17</sup> Nous distinguons les modalités des paramètres. Nous entendons par paramètre la propriété de l'éclairage qui ne peut prendre qu'une seule valeur à la fois (couleur, la forme, quantité de lumière...). Nous entendons par modalités la valeur effective que possède le paramètre de l'éclairage (jaune, grand, faible...).

l'hypothèse que si l'étude s'était déroulée en contexte résidentiel, les résultats auraient été différents car les usagers sont habitués à des environnements lumineux plus chauds chez eux, cela aurait pu moduler leurs préférences. L'influence du contexte sera développée au paragraphe 3 de ce chapitre.

Plus tard, Küller a cherché à identifier la qualité perçue de quatre scénarios d'éclairage variables en termes de quantité de lumière (450 et 1700 lx) et de température de couleur (3000 et 5500 K) (Küller & Wetterberg, 1993). Le profil perceptif de quatre scénarios d'éclairage était établi grâce au questionnaire SMB (*Semantic Environment Description*, (Küller, 1991) qui permettait de quantifier la perception des sujets interrogés selon différents critères de qualité perçue de l'environnement et de lumière. L'étude s'est déroulée en laboratoire, en contexte de bureau, 33 étudiants et membres du personnel administratif ont été sollicités (17 hommes, moyenne d'âge :  $25,5 \pm 6$ ). Les résultats de l'étude n'ont pas montré d'effet de la quantité de lumière, ni de la température de couleur sur le jugement d'appréciation de l'environnement de travail. Donc, ces travaux n'ont pas confirmé les résultats antérieurs montrant que les scénarios à faible quantité de lumière à teintes chaudes d'une part et les scénarios à forte quantité de lumière à teintes froides d'autre part sont préférés. Par ailleurs, il est intéressant de noter que les auteurs ont comparé les notes d'appréciation données lors de deux sessions de tests séparées d'une période d'une semaine complète. Les auteurs montrent alors que les notes d'appréciation des scénarios en blanc chaud et blanc froid augmentent entre les sessions de test 1 et 2. Cela se traduirait par un phénomène d'adaptation au changement de teintes de lumière.

McClougan *et al.* (McCloughan, *et al.*, 1999) ont étudié l'influence de quatre scénarios d'éclairage différenciables en termes de quantité de lumière (300 *versus* 800 lx) et de température de couleur (3000 et 4000 K) sur le jugement de la qualité perçue de l'environnement global et lumineux de la pièce et sur l'humeur. L'étude s'est déroulée en laboratoire en contexte de bureau sur une période de 45 minutes, avec 64 étudiants (38 hommes, âge [24-65]). Le jugement d'appréciation des sujets a été étudié via des échelles sémantiques en cinq points sur la luminosité perçue, le confort, l'attrait, la clarté, la chaleur et sur l'appréciation générale. L'influence de l'éclairage sur l'humeur a été mesurée en utilisant le questionnaire *Multiple Affect Adjective Checklist - Revised*, i.e. MAASCL révisé, composé de 132 items, défini pour être un bon indice des effets des conditions expérimentales et naturelles sur l'humeur (Zuckerman & Lubin, 1985). Les résultats de l'étude ont été tels que les notes d'appréciation obtenues via les échelles sémantiques en cinq points sont similaires quel que soit le scénario testé. La quantité de lumière, la température de couleur, l'interaction de la quantité de lumière et de la température de couleur n'ont pas modulé les jugements d'appréciation. Cependant, les auteurs ont montré l'influence de chacun de ces paramètres sur l'humeur des sujets. Les scénarios à faible quantité de lumière et à teinte chaude entraînaient une humeur positive

contrairement aux scénarios à forte quantité de lumière à teinte froide. De cette étude, nous pouvons penser que l'influence de la température de couleur sur l'individu peut ne pas avoir été perçue consciemment, alors qu'elle a modulé son état affectif de manière inconsciente. Il nous paraît intéressant pour notre projet de recherche d'approfondir la question de l'influence de la température de couleur sur l'individu, car le secteur de l'hôtellerie sur lequel nous nous focalisons, a tout intérêt à considérer les paramètres pouvant contribuer consciemment ou inconsciemment au bien-être de sa clientèle.

Les travaux présentés jusqu'à présent n'ont pas montré d'effet de l'interaction entre la quantité de lumière et de la température de couleur sur les jugements d'appréciation. Cependant, des études ont montré des résultats contradictoires. C'est le cas notamment des travaux de Knez et de Baron dont l'objectif était similaire : mesurer l'influence de la quantité de lumière, de la température de couleur et de l'interaction de ces deux paramètres sur les humeurs et les performances des individus.

Knez (Knez, 1995) a donc étudié l'influence de la quantité de lumière déclinée selon deux modalités (300 et 1500 lx) et de la température de couleur, selon deux modalités (3000 et 4000 K), selon quatre scénarios d'éclairage. Les auteurs ont donc investi un bureau dans un contexte de laboratoire et sollicité 96 observateurs pour qu'ils donnent leur évaluation de la qualité perçue de l'environnement lumineux, ainsi que leur humeur pendant le test. Les résultats de Knez ont montré que les observateurs percevaient les variations de quantité de lumière en fonction des scénarios contrairement aux variations de température de couleur. En effet, les scénarios à 300 lx étaient perçus comme moins intenses, moins éblouissants alors que les scénarios à 1500 lx étaient perçus comme plus lumineux. L'influence combinée de ces deux paramètres a eu un effet sur l'humeur des observateurs. En effet, les scénarios à faible quantité de lumière en blanc froid et les scénarios à forte quantité de lumière en blanc chaud ont entraîné une humeur positive.

En ce qui concerne les travaux de Baron, les modalités testées prenaient les valeurs de 150 et 1500 lx pour étudier l'influence de la quantité de lumière et de 3000, 3600, 4200 et de 5000 K pour étudier celle de la température de couleur. Les auteurs ont sollicité 91 étudiants dans un contexte de bureau en laboratoire. Pour mesurer l'influence de la quantité de lumière, de la température de couleur et de leur interaction sur l'individu, un questionnaire sur l'évaluation de la qualité perçue de la lumière était distribué. L'environnement était évalué en termes d'attractivité, d'appréciation générale, de confort, de luminosité, de clarté, de couleur perçue et sur son caractère éblouissant. Un questionnaire sur l'humeur type PANAS était distribué. Contrairement aux travaux précédemment évoqués, les auteurs ont montré un effet des paramètres étudiés sur la qualité perçue de l'environnement mais pas sur l'humeur. Les scénarios à 1500 lx ont été perçus comme plus lumineux, les scénarios en blanc froid comme plus relaxants, les scénarios en blanc chaud comme plus plaisants

et moins éblouissants. Enfin, la préférence des observateurs était tournée vers le scénario à faible quantité de lumière en blanc chaud.

Jusqu'à présent, les travaux recensés dans ce manuscrit ont fait état d'études menées avec des sources lumineuses d'ancienne génération. Alors que la technologie LED intègre peu à peu les différents secteurs d'activité, certaines équipes étudient l'influence de l'éclairage à LEDs sur l'individu. C'est le cas notamment d'une étude récente proposée par Viénot *et al.* (Viénot, Durand, & Mahler, 2009).

Cette étude avait pour but de revisiter les travaux de Kruithof en proposant d'étudier l'influence de variations de quantités de lumière et de températures de couleur d'environnements lumineux produites par un éclairage à LEDs. Les résultats de l'étude ont confirmé en partie les résultats des travaux antérieurs : les environnements à teintes froides (6300 K) et à faible quantité de lumière (150 lx) n'ont pas été appréciés des observateurs sollicités alors que les environnements définis par des teintes chaudes (2700 K) sont jugés comme étant plaisants quelle que soit la quantité de lumière (150, 300 ou 600 lx). En conclusion de l'étude, les auteurs ont souligné l'intérêt d'étendre leurs résultats à une expérience perceptive réelle, afin de compléter leur dispositif expérimental de laboratoire. Selon les auteurs, les résultats de l'étude n'ont pas considéré l'influence du contexte dans lequel les environnements peuvent être perçus en situation réelle, pour pouvoir être étendus à un autre contexte, en l'état.

De manière générale, les travaux recensés semblent montrer un effet de la quantité de lumière sur les préférences, quelle que soit la température de couleur (Tableau 6). Cependant, il n'existe pas de consensus pour les valeurs des modalités clairement identifiées responsables d'un jugement positif (Veitch & McColl, 2001).

Par ailleurs, les données de la littérature expliquent les différences de préférences des environnements lumineux par l'influence de la situation vécue par l'occupant au moment de son évaluation et des caractéristiques individuelles des occupants (âge, genre) (Boyce, 2003). Ces notions sont détaillées dans les sections suivantes.

Tableau 6 : Influence de l'interaction combinée de la quantité de lumière et de la température de couleur

Auteurs, Année	Sujet de l'étude	Paramètres de l'éclairage		Sujets	Contexte	Questionnaire	Exposition	Résultats
		Q (Lux)	T (K)					
Boyce, 1990	Influence de Q, T, Q*T sur appréciation + les performances	30 90 225 600	2700 3500 4200 6300	N=15 (10 ♂) M.âge=32,7	Laboratoire Bureau lampes fluo	Qualité perçue env. et écl. : 19 éch. unipolaires, 5 pts (Flynn 1973, Kruithof 1941)	20 min par sc, total : 8 à 12h	- pas d'effet T, T*Q (sauf T= 2700 K et T=6300 K perçues + sombres que les autres) - effet Q: + la Q augmente, + l'évaluation de l'apparence globale augmente, sans être éblouissante. l'analyse des verbatim -> adjectifs en lien avec la luminosité et clarté perçue - pas d'effet Q sur la luminosité perçue, sur l'évaluation globale, sur appréciation des sc., sur l'état affectif - effet T : WW et CW augmentent entre la session 1 et 2; CW est - apprécié - pas d'effet de T sur l'état affectif
Küller, 1993	Influence de Q*T sur les marqueurs physiologiques, neurophysiologies, subjectifs	460 1700	3000 5200	N=33 (17 ♂) étudiants (M.âge=25,4±6)	Laboratoire Bureau lampes fluo	- Qualité perçue écl. : 10 éch. état affectif : 36 éch. - Qualité perçue env. : SMB	2 jours séparés d'une semaine	- pas d'effet Q sur la luminosité perçue, sur l'évaluation globale, sur appréciation des sc., sur l'état affectif - effet T : WW et CW augmentent entre la session 1 et 2; CW est - apprécié - pas d'effet de T sur l'état affectif
McCloughan, 1999	Influence de la lumière sur l'humeur	300 800	3000 4000	N= 64	Laboratoire Bureau lampes fluo	- Qualité perçue env. et écl. : 5 éch. Bipolaires (l'âme, confort, appréciation, luminosité perçue, attrait, claret, chaleur) - Humeur: MAACL-r 132 éch.,	étude 45minutes	- pas d'effet Q, de T, de Q*T sur les éch. d'appréciation, effet de Q, de T, de Q*T sur l'humeur Confirmation des travaux de Knez, 1995
Knez, 1995	Influence de Q, T, Q*T sur l'humeur	300 1500	3000 4000	N=96 [18, 55ans]	Laboratoire Bureau lampes fluo	- Qualité perçue écl. : 8 éch. Unipolaires 5 pts (éblouissant, faible, soft, lumineux, chaude, intense, froide, global) - Humeur: PANAS		- effet Q sur le ressenti : 300 lx: moins éblouissant, moins intense, plus faible, plus soft 1500 lx: plus lumineux - pas d'effet de T - effet Q*T sur l'humeur 300 lx*CW, 1500 lx*WW --> humeur positive
Baron, 1992	Influence de Q, T, Q*T sur les performances	150 1500	3000 3600 4200 5000	N=91 (64 ♂) étudiants	Laboratoire Bureau lampes fluo	- Qualité perçue env. et écl. : 8 éch. bipolaires (Attractif, plaisant, aimé, lumineux, coloré, chaude, éblouissant, clair) - humeur: PANAS		- effet Q : 1500 lx perçue plus lumineux, plus clair - effet T : CW perçue plus relaxante, WW perçue plus plaisante, moins éblouissante - effet Q*T : préférence pour 150 lx *WW - pas d'effet Q*T sur l'humeur
Viénot, 2010	Influence de Q et T sur les préférences et les performances	150 300 600	2700 4000 6500	N=30 [18 - 36 ans]	Laboratoire Maquette	- Performance - Apparence colorée - Qualité perçue de l'écl. : éch. 7 pts.(éblouissant/non éb. (sombre/lumineux ; froid/chaud ; lumière artificielle/naturelle ; crépusculaire/clair ; ennuyeux/ non en. ; inconfortable, confortable ; plaisant/non pl.)	15 min de test	- effet Q sur les performances - effet T sur la luminosité perçue

Q : quantité, T : température de couleur, env. : environnement, écl. : éclairage, éch. échelle, M. Moyenne, WW : Blanc chaud ; CW : Blanc froid

## **2. L'influence du contexte sur l'évaluation des environnements lumineux**

### **2.1. L'influence du contexte**

Comme précisé précédemment, les données de la littérature concernant l'influence de l'environnement lumineux sur l'individu sont nombreuses, notamment pour des environnements intérieurs et plus particulièrement des environnements de bureau. A l'heure actuelle, la majorité des individus passent 90% de leur temps dans un environnement intérieur dont 30 % dans un environnement de travail. Les enquêtes auprès des employés de bureau placent la lumière au rang des paramètres les plus importants du point de vue du design et de l'ameublement (Spreckelmeyer, 1993). L'objectif pour les experts du domaine de l'éclairage est de fournir un environnement de travail confortable aux usagers et ainsi permettre de meilleures performances (Veitch, 2011). De ce fait, la plupart des travaux de recherche sont menés en contexte de bureau afin de mieux comprendre la contribution des paramètres de l'éclairage (la quantité de lumière, la température de couleur, l'orientation du flux lumineux, la répartition de la lumière dans la pièce, l'apport de la lumière naturelle, la distance entre l'individu et la fenêtre, la qualité de la vue) au confort des usagers dans un environnement de travail. Par ailleurs, des travaux similaires ont alors cherché à mieux définir les besoins et les attentes des usagers dans d'autres contextes (Jay, 2002). Dans les salles de classe, l'intérêt est de proposer des environnements lumineux favorisant la concentration et les performances cognitives des élèves (Kuller & Lindsten, 1992). Winterbottom *et al.* préconisent des environnements lumineux à température de couleur élevée (3500 K) à quantité de lumière variables et adaptables en fonction des lieux et activités ponctuant la journée (Winterbottom & Wilkins, 2009). Les environnements lumineux des hôpitaux ont également été étudiés via des approches qualitatives basées sur des entretiens avec les différents usagers des espaces : le personnel hospitalier, les patients, les familles. Les résultats ont montré des attentes en termes d'espaces à la fois confortables sécurisants pour les patients ; fonctionnels pour faciliter le travail du personnel soignant (Dalke, *et al.*, 2005; Stern, *et al.*, 2003). Le secteur du service a également été considéré par les experts de la communauté scientifique. Les environnements lumineux des magasins ont été étudiés afin de valoriser les produits destinés à la vente et de créer une identité commerciale pour la fidélisation du client. Ainsi, les environnements lumineux sont étudiés afin de mieux comprendre l'influence des paramètres de l'éclairage sur le comportement du consommateur et engendrer un comportement d'achat favorable pour la marque (Baker, Grewal, & Parasuraman, 1994; Bellizzi & Hite, 1992; Bitner, 1990; Custers, Kort, & IJsselsteijn, 2008; Park & Farr, 2007; Quartier, Christiaans, & Van Cleempoel, 2009). Notons également que dans le contexte de l'hôtellerie-restauration, les bénéfices d'un design de qualité sont connus. Bayet a défini les



paramètres contribuant à une expérience de repas mémorable, dans le secteur de l'hôtellerie et restauration de luxe (Bayet, 2011). Jacquier *et al.* ont cherché à mieux comprendre les attentes et les besoins en éclairage des clients au restaurant via une approche basée sur des entretiens en face à face (Jacquier & Giboreau, 2012). Les travaux de Heide (Heide & Grønhaug, 2009) avaient pour objectif de mieux définir les paramètres contribuant à l'Ambiance attendue par la clientèle hôtelière (Heide & Grønhaug, 2009; Heide, Laerdal, & Grønhaug, 2007). Countryman (Countryman & Jang, 2006) à partir du constat que peu d'études étaient consacrées à la mise en évidence des paramètres contribuant à l'Ambiance ou servicescape, dans le secteur de l'hôtellerie, a cherché à identifier les paramètres de l'environnement physique à prendre en compte pour la conception d'ambiances pour la réception d'un hôtel. Un panel d'observateurs a été sollicité pour évaluer les photographies de plusieurs réceptions d'hôtel (N=102 questionnaires, le descriptif des personnes interrogées n'est pas mentionné dans l'article). Pour ce faire, des échelles différentielles en sept points ont été utilisées pour évaluer chacun des environnements selon cinq paramètres de l'environnement physique : le mobilier, le style, la couleur, la lumière et l'agencement (le détail du questionnaire utilisé pour le recueil des jugements d'appréciation n'est pas donné par l'auteur). Les résultats de l'étude ont montré que la couleur, le style et la lumière étaient les paramètres contribuant de manière significative à l'apparence visuelle globale d'une réception d'hôtel, du point de vue des clients. Une étude a été menée peu après par Thapa *et al.* selon un protocole d'étude similaire. L'objectif de ces derniers était d'identifier les paramètres contribuant à l'attrait d'une réception d'hôtel par la clientèle hôtelière. Les deux études ont montré des résultats similaires (Thapa, 2007).

Autrement dit, de telles études montrent que la lumière est considérée comme un paramètre important à prendre en compte quel que soit le contexte d'étude (bureaux, hôpitaux, salles de classes, magasins, restaurants, hôtels). Cependant, contrairement aux travaux menés dans le secteur résidentiel ou de bureau où l'influence de la lumière sur le jugement est étudiée en fonction des différentes modalités des paramètres de l'éclairage, dans le secteur de l'hôtellerie, nous n'avons recensé qu'une étude scientifique conduite spécifiquement sur l'influence combinée de la quantité de lumière et de la température de couleur sur l'appréciation d'une chambre d'hôtel (Park, Pae, & Meneely, 2010). Les scénarios d'éclairage étaient variables en termes de quantité de lumière (faible et forte) et de température de couleur (2700 K et 4200 K), ils étaient présentés sous la forme d'images modélisées en trois dimensions et projetées sur un écran en deux dimensions. 53 clients américains ont alors été sollicités pour choisir parmi les quatre scénarios d'éclairage celui qu'il préférerait, celui qui était le plus stimulant, celui qui était le plus plaisant, au moyen d'échelles en cinq points. Enfin, la qualité perçue de l'éclairage était évaluée via l'utilisation d'échelles en termes de ressentis relatifs au froid, chaud, lumineux et sombre. Les résultats de l'étude ont montré que les



préférences pour les scénarios d'éclairage étaient similaires aux scénarios d'éclairage préférés dans le secteur résidentiel. Autrement dit, le scénario à faible quantité de lumière à teinte chaude était préféré et le scénario à forte quantité de lumière à teinte froide est rejeté par les observateurs. Le scénario préféré a alors été perçu comme plus stimulant, excitant (*arousing*) et plus plaisant que les trois autres scénarios. Cette étude motive pour nous le fait d'investiguer le secteur de l'hôtellerie. En effet, c'est un secteur qui a été peu étudié du point de vue de l'analyse des expériences perceptives des usagers, seule l'étude de Park, 2010, précédemment citée a été recensée en ce sens. Par ailleurs, les auteurs ont montré la faculté de l'environnement lumineux à créer un ressenti plaisant et stimulant sur l'individu, il serait donc intéressant d'approfondir cette approche pour mieux comprendre les modalités responsables et les mettre à profit du secteur de l'hôtellerie. L'étude de Park pourrait alors être considérée comme un premier point d'ancrage pour notre programme de recherche.

Enfin, nous avons vu que les préférences d'environnements lumineux étaient similaires à celles du secteur résidentiel, où des travaux ont montré que les attentes peuvent être différentes en fonction de l'activité vécue. Les paragraphes suivants exposent ces travaux.

## 2.2. L'influence des usages dans un même contexte

Enfin, il est important de noter que les attentes et besoins en éclairage peuvent varier à l'intérieur d'un même contexte d'étude. Les travaux de Park *et al.* (B. C. Park, *et al.*, 2010) ont comparé les préférences de différents scénarios d'éclairage en fonction de trois contextes : un bureau, un salon et une chambre à coucher. L'objectif pour les auteurs était de mesurer les différences de jugements d'appréciation en fonction du contexte. Pour ce faire, 53 observateurs ont été sollicités pour évaluer sur photographies quatre scénarios d'éclairage, à températures de couleur variables (3000 K, 4000 K, 5000 K, 6000 K). Les observateurs devaient choisir en fonction du contexte (bureau, salon, chambre), le scénario qu'ils préféraient, celui qui était le plus adapté au contexte et celui qui leur paraissait le plus lumineux. Les résultats ont montré que les scénarios à faible température de couleur étaient plus fréquemment choisis quelle que soit la situation. Le scénario à 4000 K était favori pour une situation de travail, le scénario à 3000 K était préféré pour les situations dans le salon et la chambre. Cependant, alors que les auteurs demandaient plus particulièrement d'imaginer l'activité qui conviendrait le mieux à chacun des scénarios d'éclairage par situation, les résultats ont montré que les jugements des observateurs étaient dépendants de l'activité imaginée être réalisée dans le contexte considéré. Les auteurs ont montré que le scénario à 3000 K était préféré pour organiser des

fêtes de famille, se reposer, ou dormir, alors que le scénario à 4000 K était préféré pour recevoir des amis, regarder la télévision. Enfin, le scénario à 5000 K était préféré pour manger, lire, s'habiller, et regarder la télévision. Aucune activité n'a été envisagée pour le scénario à 6000 K. Autrement dit, cette étude a montré des différences de préférences en termes de scénarios d'éclairage en fonction du contexte, mais également en fonction des activités envisagées au sein d'un même contexte.

Des travaux similaires ont été menés et ont mis en évidence les différences d'attentes en termes de quantité de lumière et de température de couleur pour différentes situations vécues par les usagers en contexte résidentiel.

Les premiers travaux ayant considéré l'importance de l'usage sur la conception d'un environnement adapté aux usagers sont ceux de Butler et Biner (Butler & Biner, 1987). Les auteurs avaient sollicité 200 étudiants pour renseigner l'environnement lumineux qu'ils souhaitaient pour mettre en lumière 43 activités de la vie quotidienne vécues dans différentes pièces de leur habitation. Les résultats de l'étude ont montré des différences de jugements entre les environnements lumineux selon les lieux et activités imaginés. Selon les auteurs, la caractérisation des environnements lumineux de qualité pour les sujets interrogés dépend spécifiquement des niveaux de lumière. Les attentes sont d'autant plus importantes que les situations nécessitent soit beaucoup de lumière (faire la cuisine, travailler), soit très peu de lumière (se reposer, écouter de la musique...). Les travaux de Nakamura s'inscrivent dans la continuité des travaux de Butler *et al.* (Nakamura & Karasawa, 1999). L'objectif des auteurs était de montrer l'influence combinée de la quantité de lumière (100 lx, 200 lx, 400 lx, 800 lx) et de la température de couleur (3000 K, 3200 K, 3400 K, 4600 K, 5600 K) sur les préférences des observateurs. Le contexte d'étude était le secteur résidentiel et les sujets devaient imaginer être soit en train de vivre une activité collective (avec les membres de la famille), soit une activité en privé (seul). Les auteurs ont montré l'influence combinée de la quantité de lumière et des activités imaginées par les six observateurs interrogés, sur leurs préférences. Pour des activités collectives, plus la quantité de lumière est importante dans la pièce, meilleure était l'évaluation du sujet. Par contre, pour des activités solitaires, le scénario à faible quantité de lumière et à teinte chaude, était préféré. En ce qui concerne la teinte de la lumière, les scénarios à 3000 K sont préférés quelle que soit l'activité imaginée. Une étude récente s'est inscrite dans la continuité de ces travaux. Oi *et al.* (Oi, Kasao, & Takahashi, 2007) ont étudié l'influence de scénarios d'éclairage variables en termes de quantités de lumière (50 lx, 100 lx, 200 lx, 500 lx, 800 lx) et de températures de couleur (3000 K, 4200 K, 5000 K, 6500 K), sur l'appréciation de l'environnement lumineux de différents lieux de vie en contexte résidentiel (réunion de famille, faire la cuisine, manger, se reposer, travailler, s'endormir). L'auteur a interrogé huit sujets pour évaluer sur maquette les différents scénarios selon leurs préférences, la luminosité perçue, l'aspect naturel de la couleur de la lumière. Les résultats convergent avec ceux de Nakamura. En effet, Oi *et al.* ont montré que pour des activités de détente,

les scénarios à teinte chaude et à faible quantité de lumière étaient préférés alors que pour des situations de travail, les scénarios à forte quantité de lumière étaient préférés.

De la même façon, Van Erp (Van Erp, 2008), dans la continuité des travaux d'Ingrid Vogels (cf. chapitre 2), propose à des individus d'associer des scénarios d'éclairage variables en termes de quantités de lumière, de températures de couleur et de distributions de lumière à une période de la journée, à une pièce d'une maison, ainsi qu'à une activité. Les scénarios étaient proposés dans une pièce complètement vide et les sujets donnaient leur appréciation par écrit. Les résultats de l'étude ont montré en effet des différences d'appréciation en fonction de l'activité imaginée. La limite que nous pouvons apporter à ce travail est que la pièce ait été complètement vide au moment du test. Comme le critique Biner dans son étude au protocole similaire, il est possible que les activités imaginées comme étant adaptées au milieu éclairé dans le contexte expérimental, ne le soient pas en situation réelle d'usage (Biner, Butler, Fischer, & Westergren, 1989). Van Erp propose alors de poursuivre cette étude dans des conditions plus réalistes d'usage, en situation réelle.

Le tableau 7 ci-dessous représente de manière synthétique les travaux que nous venons d'évoquer.

Tableau 7 : Influence des usages

Auteur, année	Sujet d'étude	Paramètres de l'éclairage		Sujets	Contexte	Questionnaire	Résultats
		Q (lux)	T (K)				
Park, 2010	Préférence d'env. lumineux (Q*T) dans une chambre d'hôtel, pour des clients américains	Faible Fort	2700 4200 4200	N.américains= 87 (64 ♂) N.coréens=88 (65ho)	Images hôtel	choix + éch. éval (5points) préférences, stimulant (endormant, excitant, calme) plaisir (relaxant, plaisant, confortable, heureux) lumière (froid, chaud, lumineux, sombre)	effet Q, T et Q*T les variations de Q influencent davantage les préférences que la T Faible*WW sont préférés
Park 2010	Influence de T sur humeur, la luminosité perçue dans différents contextes	bureau= 500 Salon= 1300 Chambre=700	3000 4000 5000 6000	N=53 (22 ♂) public d'âge moyen	Photographies Bureau, Salon, Chambre	choix de l'env. préféré, de la T° la plus adaptée, évaluer la luminosité perçue	- pas d'effet de la T sur la Q perçue Le scénario le plus adapté : 5000 ; Luminosité perçue = 3000>5000>6000>4000 ; Perception du sombre : 3000=6000>4000>5000 Les sujets ne semblent pas percevoir les variations de T
Butler, 1989	Les préférences en fonction des comportements, des situations et des individus	--		N=210 ( 78 ♂) [17- 46ans] étudiants	Laboratoire Situations imaginées 11 lieux	3 questions (préférence, importance de la lumière, contrôle de la lumière) pour 43 situations Ech. en 4 points	- Effet situation : certains lieux nécessitent plus de lumière que d'autres La lumière est importante pour des situations à faible ou forte quantité de lumière
Nakamura, 1999	Influence de la Q, T, en fonction des activités imaginées	100 200 400 800	3000 3400 3900 4600 5600	N=6 (4 ♂) [25-50ans]	Laboratoire, Mémoire Résidentiel Act. collectives ou privées imaginées lampes fluo	éch. en 7 points je n'aime pas-j'aime	- effet Q * activité Les fortes Q sont préférées pour activités collectives Les faibles Q sont préférées pour activités privées - effet T sur les préférences Les faible T sont préférées quelle que soit l'activité
Oi, 2007	Influence de la Q, T, des activités sur le jugement d'appréciation	50 100 200 400	3000 4200 5000 6500	N=8 japonais (5 ♂)	Maquette Résidentiel 6 activités (repas, recevoir des amis, manger, cuisiner, travailler, s'endormir)	Préférence, luminosité perçue, apparence de la lumière naturelle vs artificielle	- effet Q*T*act. les activités de détente (s'endormir, se reposer) sont préférées à 3000 K et [50 à 200 lx] les activités de travail (cuisiner, manger, travailler) sont préférées si T > 4000 K et 800 lx
van Erp, 2008	Influence de la Q, T, de la répartition de la lumière sur la perception de l'atmosphère	Faible Fort	2800 6000	N= 32 employés de Philips [25-34ans]	Laboratoire	Questionnaire sur l'atmosphère (cosy, vivable, stressant, indifférent) + activité	- effet de la Q, sur le ressenti : les fortes Q sont préférées -effet de la T sur le ressenti : les faibles T sont préférées - effet Q*T : valide la courbe de Kruithof, important facteur pour juger la pertinence de l'ambiance pour une application fonctionnelle Fort T et fort Q : fonctionnel Faible T et faible Q : ambiance repos

Q : quantité de lumière, T : température de couleur, Env. : Environnement, éch. : Échelle ; act. = activité

En résumé, et de manière consensuelle, les données de la littérature montrent que, concernant les niveaux de lumière, les usagers préfèrent des environnements plus lumineux pour des tâches de lecture et des environnements moins lumineux pour des tâches d'écoute et de repos (Butler & Biner, 1989, Van Erp, 2008) ; concernant la température de couleur, les usagers associent les couleurs froides à des environnements de bureau, de restauration et d'hôpitaux, alors que les températures de couleur chaudes sont associées à des environnements résidentiels.

En d'autres termes, il semblerait que l'effet du contexte explique les différences de préférences citées dans la littérature (Oi & Takahashi, 2007). La courbe de Kruithof ayant été définie à la suite de travaux réalisés en laboratoire, la variabilité des préférences des environnements lumineux due au contexte vécu par l'individu n'était pas été considérée. Différents auteurs ont en effet mis en lumière les différences de préférences obtenues en contexte de laboratoire et en situation réelle (Tiller & Veitch, 1995). A titre d'exemple, concernant l'appréciation de l'environnement lumineux, les niveaux de lumière préférés pour le contexte de bureau, obtenus à la suite d'études en laboratoire sont souvent plus importants que les niveaux obtenus en situation réelle. Ce phénomène se produirait alors que l'attention du sujet est spécifiquement portée sur les variations des environnements lumineux à tester (Viénot, *et al.*, 2009) ou que ce dernier veuille (consciemment ou inconsciemment) donner la « bonne » réponse, qui satisferait l'expérimentateur (Lim, 2011)

En d'autres termes, les travaux recensés montrent qu'en fonction de l'activité, les jugements d'appréciation sont différents. En hôtellerie, à notre connaissance, il n'existe pas de travaux ayant fait état des différentes situations et activités vécues par le client dans les espaces privés ou publics d'un hôtel. Or, de récents travaux ont montré l'importance de créer le style « comme à la maison » pour la satisfaction client. Le secteur résidentiel ayant montré les différentes situations de vie nécessitant une mise en lumière spécifique, il nous semble alors intéressant de considérer cette approche dans le secteur de l'hôtellerie.

Les travaux centrés sur l'influence des paramètres de l'éclairage sur le jugement d'appréciation des individus, sollicitent par principe, les individus, chacun étant décrit par des caractéristiques individuelles et/ou partagées. Alors qu'un nombre important de travaux se concentre sur les effets moyens produits par les paramètres étudiés sur les individus (Lim, 2011), il est intéressant de comprendre les facteurs pouvant expliquer la variation intergroupe, avec notamment la considération des caractéristiques inter-individuelles des sujets interrogés.

### **3. L'influence des caractéristiques inter-individuelles dans l'évaluation des environnements lumineux**

#### **3.1. L'influence du genre**

Flynn (Flynn, 1977) et Baron *et al.* (Baron, *et al.*, 1992) ont montré que les environnements lumineux plutôt sombres, tamisés étaient préférés aux scénarios caractérisés par une plus grande quantité de lumière. Cependant, les données de la littérature ne permettent pas d'asseoir un discours aussi simple. La prise en compte des caractéristiques inter-individuelles complexifie le discours et de ce fait, les controverses apparaissent. Knez *et al.* (Knez & Enmarker, 1998) ont montré que les notes d'appréciation des femmes au regard de la quantité de lumière perçue, étaient plus faible que celles faites par les hommes, à luminances égales. Cependant, cet effet concerne uniquement la perception du sombre, car cette différence n'est pas retrouvée pour l'estimation de la luminosité perçue dans la pièce, sur une échelle de forte intensité perçue. De la même façon, les auteurs montrent que les scénarios définis par une température de couleur à 4000 K, sont perçus comme étant plus chauds que ceux à 3000 K par les femmes, alors que les hommes les perçoivent plus froids. Les auteurs identifient alors un effet des températures de couleur sur la perception d'environnements lumineux, sans pour autant donner une explication à ces différences.

Concernant l'appréciation générale d'un environnement lumineux, les données de la littérature montrent que les hommes préfèrent des niveaux d'éclairement plus élevés que les femmes. Plus spécifiquement, Knez (Knez, 1995) a montré que les femmes préféreraient les scénarios d'éclairage chauds (3000 K) définis par une faible quantité de lumière (300 lx horizontaux). A l'inverse, les scénarios définis par une grande quantité de lumière (1500 K) à teinte de lumière froide (4000 K) semblent être préférés des hommes. Ces résultats sont en accord avec les théories de la psychologie des émotions (Brody & Hall, 1993; Hall, 1990) qui montrent que les femmes sont plus expressives concernant l'appréciation d'environnements lumineux que les hommes (Knez & Enmarker, 1998). Cependant, Butler et Biner ont mis en évidence le phénomène de préférence inverse dans leurs travaux (Butler & Biner, 1987).

#### **3.2. L'influence de l'âge**

L'effet de l'âge a été considéré comme un facteur pouvant expliquer les différences de perception et de jugement d'appréciation au regard des environnements lumineux.

Les résultats de l'étude de Knez montrent que les jeunes adultes perçoivent les environnements lumineux d'une pièce expérimentale comme plus lumineux, en comparaison à l'estimation faite par

des personnes plus âgées (Knez & Enmarker, 1998). Les auteurs ont expliqué cette différence par le fait que les personnes âgées seraient moins sensibles aux variations des intensités lumineuses compte tenu des troubles de la vision qui caractérisent cette population. Concernant la température de couleur, l'auteur montre un effet de l'âge sur la perception de la température de couleur globale d'une pièce expérimentale. Les jeunes adultes évalueraient la chambre expérimentale comme étant plus froide (Knez & Kers, 2000).

Dans le contexte de bureau étudié dans les travaux de Hughes (Hughes & McNelis, 1978), les employés âgés expriment une préférence plus forte pour les environnements très lumineux, comparés aux employés plus jeunes. La dégradation du bagage physiologique au cours du temps pourrait être une explication à la différence de préférences entre les âges (Cf. Chapitre 1, paragraphe 2.2.3.). Cependant, les travaux de Boyce (Boyce, 1973) ne confirment pas ces résultats, au contraire. L'absence de différence de perception pourrait s'expliquer par une compensation cognitive de l'individu ayant perdu une certaine acuité visuelle, mais qui aurait par apprentissage, conservé la même perception de son environnement (Jimenez, 1997).

Plus tard, Knez (Knez & Kers, 2000) montre une interaction entre la perception de la qualité de l'environnement lumineux (quantité et teinte de lumière) et l'âge des occupants. Knez a montré que les différences de préférences en termes de niveaux de lumière seraient dues à l'âge des observateurs. La quantité de lumière évaluée par les jeunes adultes (>23ans) était plus importante que celle évaluée par les personnes plus âgées. De plus, ces travaux ont montré une différence de perception de la teinte de la lumière de l'environnement, en fonction de l'âge des individus interrogés. L'environnement est perçu comme étant plus froid (bleuté) par les jeunes adultes que par les personnes plus âgées. Une des raisons possibles aux variations de perception serait que la couleur d'un environnement pourrait communiquer différentes significations émotionnelles (Buck, 1984) en fonction de l'âge de l'observateur (Rapoport, 1982).

Alors que les conclusions de ces études apportent des résultats contradictoires dans le sens des effets du genre et de l'âge sur la perception des environnements lumineux, les auteurs préconisent de mieux considérer les caractéristiques individuelles des usagers pour construire de nouveaux bâtiments considérant leur bien-être (McCloughan, *et al.*, 1999). Oi préconise de considérer davantage le profil psychologique des usagers pour expliquer les différences de jugements.

### 3.3. L'influence du profil émotionnel : la Mesure de l'Intensité Affective

Les travaux de Larsen ont défini un indice psychologique permettant de mesurer les réactions émotionnelles induites par le quotidien des individus et de segmenter la population selon le profil

psychologique. Cet outil initialement développé pour expliquer les différences de comportement des individus face à un message publicitaire (Larsen, 1985), a été utilisé avec succès pour expliquer les différences d'appréciation relative au toucher d'un textile dans le secteur de l'automobile (Kergoat, *et al.*, 2010). Cependant, la Mesure de l'Intensité Affective (*Affect Intensity Measure* : AIM) ne semble pas expliquer les différences de jugements d'appréciation des individus relativement au confort visuel dans des bâtiments construits. Les travaux antérieurs conduits par Hygge *et al* (Hygge & Knez, 2001) ne montrent pas d'effet significatif de l'AIM sur les préférences pour des scénarios d'éclairage variables en termes de quantité de lumière (300 et 1500 lx). Les auteurs ont tenté en vain de montrer une influence de l'environnement lumineux sur l'état affectif renseigné par les individus au moment de l'étude.

Le tableau 8 ci-dessous synthétise les travaux que nous venons de discuter sur l'influence des caractéristiques inter-individuelles sur les évaluations des environnements lumineux.



Tableau 8 : Influence des caractéristiques inter-individuelles

Auteur, année	Sujet d'étude	Paramètres de l'éclairage		Sujets	Contexte	Questionnaire	Résultats
		Q (lx)	T (K)				
Knez, 1995	Influence de Q, T, Q*T sur l'humeur	300 1500	3000 4000	N=96 [18, 55 ans]	Laboratoire Bureau Lampes fluo	- Qualité perçue écl. : 8 éch. unipolaires 5 pts ( <i>éblouissant, faible, soft, lumineux, chaude, intense, froide, global</i> ) - Humeur: PANAS	300lx: moins éblouissant, moins intense, plus faible, plus soft 1500lx: plus lumineux perception des variations de Q, absence de perception des variations de T 300*CW, 1500*WW --> humeur positive effet du genre humeur négative en CW pour les femmes, en WW pour les hommes - effet de la T sur l'humeur - pas d'effet de la T sur les performances - effet genre sur les performances (les hommes sont meilleurs), pas sur la lumière Les femmes sont plus éblouies, jugent les env. comme plus intenses - effet genre* T : les femmes jugent 3000 K comme moins chaud ; les hommes jugent le 4000 K comme moins froid L'utilisation de l'échelle serait différente entre les hommes et les femmes?
Knez, 1998	Influence de Q, T, Q*T, du genre sur l'humeur, les performances	1500	3000 4000	N=80 [18, 55 ans]	Laboratoire Bureau	- Qualité de l'écl., de l'env. - Humeur - Performance	- effet T*âge : Les jeunes jugent la pièce plus lumineuse, plus bleue - effet de l'âge sur les performances
Knez 2000	Influence de Q, T, Q*T, du genre, de l'âge sur l'humeur, les performances	500	3000 4000	N=80 [23, 65 ans]	Laboratoire Bureau	- Qualité perçue écl., et env. - Humeur - Performance	- effet T*âge : Les jeunes jugent la pièce plus lumineuse, plus bleue - effet de l'âge sur les performances
Oi, 2005	Age x (T°, O°, type) x (salon, cuisine, chambre)	2800 lm 3200 lm 4060 lm 6000 lm	2800 4200 6500	Jeune : [20, 25ans] Moyen : [41, 57ans] Vieux : [65, 75ans] Effectifs non renseignés	Laboratoire 15 Photographies Résidentiel	- Qualité perçue env. et écl. avec 12 éch. en 5 pts ( <i>homely, intéressant, frais, exceptionnel, calme, chaud, directif, lumineux, laiteux, propre, confortable, facile</i> )	- effet de l'âge (génération) sur le ressenti
Baron, 1992	Influence de Q, T, Q*T sur les performances- effet du genre	150 15000	1500 3000 3600 4200 5000	N=91 (64 ♂) étudiants	Laboratoire Bureau Lampes fluo	- humeur: PANAS - Qualité perçue écl. et env. 8 éch. bipolaires ( <i>Attractif, plaisant, aimé, lumineux, coloré, chaude, éblouissant, clair</i> )	- pas de différence du genre
McCloughan, 1999	Influence de la lumière sur l'humeur	300 800	3000 4000	N= 64	Laboratoire Bureau Lampes fluo	humeur: MAACL-r 132 éch., qualité de l'env. et lumière: 5 éch. Bipolaires ( <i>liking, comfort, pleasantness, brightness, attractiveness, clarity, warmth</i> ) AIM	- pas d'effet de Q, de T, de Q*T sur les éch. d'appréciation, mais des conséquences sur l'humeur. - Confirmation des travaux de Knez 1995 - effet du genre sur les variations d'humeur - pas d'effet de Q sur l'AIM
Hygge, 2001	Influence du bruit et de la lumière sur les performances et l'état psychologique	300 1500		N=128 (64 ♂) [18-19 ans] étudiants	Laboratoire Bureau		

Q : quantité de lumière, T : température de couleur, Env. : environnement, éch. : échelle ;

Cependant, ces travaux ne sont pas sans limites.

Les études portant sur l'influence de paramètres de l'éclairage isolés, sur le jugement d'appréciation des observateurs, ont pour la majorité été menées en laboratoire. Certains auteurs justifient ce choix méthodologique par le fait que l'information lumineuse est la plus simple possible pour être étudiée (Küller & Wetterberg, 1993). Les variations des environnements lumineux peuvent être clairement explicitées, la mise en évidence des raisons du changement de comportement des sujets interrogés est facilitée. Le paramètre variable en laboratoire est responsable des variations de comportement du sujet. Les conclusions de ces travaux sont alors à adapter en situation réelle, là où les informations disponibles dans l'environnement sont rendues plus complexes par la présence de nombreux biais. Les études en psychophysique ont donc pu montrer que la quantité réelle de lumière dans l'espace influence la quantité de lumière perçue par les usagers. Cependant, la nature et l'amplitude du phénomène en situation réelle restent encore difficiles à quantifier.

Aussi, les données de la littérature sont diversifiées quant à l'information disponible pour le sujet au moment de l'expérimentation. Cockram *et al* (Cockram & Collins, 1970) par exemple ont informé les observateurs des objectifs de l'étude et leurs résultats montrent des différences d'appréciation pour les différents scénarios d'éclairage testés. Inversement, les observateurs sollicités dans l'étude menée par Boray *et al.* (Boray, *et al.*, 1989) ne connaissaient pas les objectifs réels de l'expérimentation pour laquelle ils ont été sollicités. Dans ce cas, les résultats de cette étude ne montrent pas d'effet de la variation de la quantité de lumière sur le jugement d'appréciation. D'autres cas similaires ont été recensés dans la littérature. Il semblerait que les informations à disposition du sujet au moment de l'expérimentation influencent la formulation du jugement. Il est en effet connu que le sujet interrogé cherche à satisfaire l'expérimentateur en essayant d'apporter la réponse qu'il pense être juste aux yeux des expérimentateurs et non celle qui correspond à son comportement en situation réelle (Lim, 2011). Ce comportement n'a pas été démontré dans le domaine de l'éclairage, mais nous prendrons les précautions nécessaires dans notre programme de recherche pour nous affranchir de ce biais.

En résumé, les paramètres de l'éclairage tels que la quantité de lumière et la température de couleur ont fait l'objet de nombreux travaux dédiés à l'étude de l'influence de chacun d'eux sur les jugements d'appréciation. Cependant, aujourd'hui encore, il est difficile de mettre en évidence spécifiquement les modalités de la quantité de lumière et de la température de couleur responsables du jugement d'appréciation positif d'un environnement lumineux. Les protocoles d'études sont diversifiés et les résultats souvent contradictoires. Notre revue de littérature permet de proposer plusieurs pistes dans l'explication de cette dernière assertion. Les effets dus au contexte et aux caractéristiques individuelles n'ont pas toujours été considérés alors que plusieurs études montrent leurs influences dans la formulation des jugements d'appréciation. En conclusion, nous retenons l'importance de justifier le choix de paramètres de l'éclairage pour notre projet de recherche afin de nous inscrire dans la continuité des travaux de la littérature. Nous retenons également l'importance des effets du contexte et des caractéristiques inter-individuelles sur les jugements d'appréciation.

Par ailleurs, au regard de cette revue bibliographique, la majorité des travaux recensés ont été menés en contexte de bureau ou résidentiel. Le domaine de l'hôtellerie semble avoir été peu investigué quant à la contribution des environnements lumineux sur les jugements d'appréciation de la clientèle. Notre projet de recherche vise donc à apporter une contribution à l'étude de la perception des environnements lumineux en hôtellerie, en considérant les effets combinés de la quantité de lumière et de la température de couleur, des activités et des caractéristiques individuelles de la clientèle hôtelière.



# **Chapitre 4**

## **PROBLEMATIQUE**

Le contexte opérationnel de ce projet de recherche s'inscrit dans l'évolution du domaine de l'éclairage de ces dernières années, où la qualité des environnements lumineux est un enjeu prépondérant par rapport à la quantité de lumière qu'ils fournissent. L'apparition de la technologie de lampes LEDs (*Lighting Emmiting Diode*) dans les années 1960 et l'optimisation croissante de leurs performances depuis les années 1990 offrent à son utilisateur une multitude de possibilité en termes d'environnements lumineux et bouleversent les habitudes dans la manière d'éclairer. L'accroissement de la demande pour des éclairages intelligents a permis à la technologie LED de faire sa place sur le marché. C'est aujourd'hui un produit doté des performances non négligeables en comparaison avec les technologies plus anciennes : une meilleure durée de vie, un meilleur rendement, une infinité de couleurs et une facilité de gradation. Ainsi, la technologie LED permet la conception de scénarios d'éclairage nouveaux, capables de répondre aux besoins variés des usagers (Mottier, 2008). D'autant plus que l'installation d'une telle technologie pérenne réduit indéniablement les coûts de maintenance jusqu'alors considérables dans l'entretien des bâtiments dans le secteur du service, et notamment celui de l'hôtellerie.

La question aujourd'hui est de savoir comment définir les besoins et attentes des usagers en matière d'éclairage pour proposer des environnements lumineux adaptés aux usages, et ce, dans les différents contextes nécessitant un apport de lumière artificielle, comme le secteur de l'hôtellerie.

Le domaine de l'éclairage a fait l'objet de nombreuses investigations, quelle que soit la technologie employée, afin de mettre en évidence les paramètres contribuant à la qualité perçue de la lumière. Les données de la littérature montrent que la perception de l'éclairage et plus largement de l'environnement lumineux dépendent à la fois, des paramètres photométriques et colorimétriques qui le composent, de l'individu qui le perçoit et du contexte dans lequel il est perçu (pour une revue voir Veitch, 2001). Bien que ce schéma définissant l'expérience perceptive visuelle soit partagé par la communauté scientifique, les modalités qui composent chacune des trois entités Objet - Individu - Contexte, font l'objet de nombreux débats quant à leur influence sur le jugement d'appréciation final. En effet, il est difficile de comparer les études entre elles car les modalités étudiées pour un même paramètre varient d'une recherche à l'autre, telle que la température de couleur à 3500 K qui est considérée comme étant une température de couleur froide pour certaines études (Baron, *et al.*, 1992) et chaude pour d'autres (Knez & Enmarker, 1998; B. C. Park, *et al.*, 2010). De plus, ces travaux ont majoritairement été menés en contexte de bureau au détriment de contextes où l'environnement physique joue un rôle majeur au regard de la satisfaction de l'individu, tel que l'hôtellerie. Bien qu'ingénieurs et architectes accordent une importance croissante à la qualité de l'éclairage, peu d'éléments fondamentaux à l'environnement lumineux ont donc été scientifiquement identifiés considérant les attentes des clients dans le secteur de l'hôtellerie. Dans ce

contexte, nous pouvons alors poser la question globale et fondamentale de la perception des environnements lumineux en hôtellerie en nous plaçant du point de vue de l'utilisateur, le client de l'hôtel lui-même. Pour ce faire, nous nous intéressons plus particulièrement aux espaces privés de l'hôtel à savoir la chambre et la salle de bains.

Au plan méthodologique, de nombreuses approches ont été développées par la communauté scientifique afin de mieux comprendre la relation entre l'individu et son environnement lumineux (pour revue voir Gifford, 1987). Parmi elles, des approches utilisées en psychophysique sont dédiées à la mesure de l'influence de l'environnement lumineux sur le jugement perceptif (Flynn, *et al.*, 1979) et le ressenti des individus (Knez, 1995). Pour ce faire, l'usage de questionnaires permet de quantifier l'effet d'un paramètre de l'éclairage spécifique d'un environnement reconstruit, sur les réponses des usagers. L'approche analytique et expérimentale de cette discipline consacrée à l'étude des impressions subjectives provoquées par un scénario d'éclairage, ne correspond pas à nos objectifs de recherche dédiés à la perception en situation réelle d'usage. De plus, le vocabulaire utilisé dans les questionnaires initialement conçus pour l'étude de la perception d'environnements lumineux en contexte de bureau, doit être adapté aux environnements lumineux en contexte hôtelier. Nous pouvons alors poser la question méthodologique de l'outil adapté au recueil du jugement perceptif des usagers relatif à l'environnement lumineux dans une chambre d'hôtel.

**Notre projet de recherche vise alors à apporter une contribution à l'étude de la perception des environnements lumineux en hôtellerie d'un point de vue fondamental et méthodologique.** Compte tenu de la littérature existante, ce projet se construit sur la base de plusieurs questions de recherche.

La lumière et plus spécifiquement les environnements lumineux ont été définis par la littérature comme des éléments influençant l'appréciation du client pendant son séjour à l'hôtel (Ching, 2007; Kurtich & Eakin, 1993). Cependant, nous faisons le constat que les principales données sont issues d'une littérature inscrite en management de l'hôtellerie et considèrent la lumière dans sa globalité au même titre que la relation personnel/client pendant le séjour ou les services mis en place pour accompagner le client. Il nous apparaît nécessaire de ne pas considérer LA lumière comme unique mais de comprendre les différents paramètres contribuant à la définition de sa qualité.

La première question que nous nous posons pour ce programme de recherche s'intéresse aux représentations en mémoire de la lumière des clients en hôtellerie. **Comment et à quel(s) moment(s) la lumière et les environnements lumineux sont perçus par les usagers durant un séjour à l'hôtel ?**

La première phase de notre projet de recherche (Chapitre 6) est dédiée spécifiquement à cette question.

A partir de la diversité des représentations recensées et compte tenu des travaux en psychologie environnementale faisant état des diverses contradictions dans l'identification des paramètres influençant le jugement d'appréciation d'environnements lumineux, la deuxième question de notre programme de recherche porte sur l'influence de paramètres physiques, ainsi que sur l'influence des paramètres esthétiques sur les jugements d'appréciation. **Quels sont les paramètres de l'éclairage pertinents à prendre en compte dans la conception d'une chambre d'hôtel, fondée sur les préférences des usagers.** Outre les aspects photométriques et esthétiques impliqués directement dans la caractérisation d'un environnement lumineux, nous poserons également la question relative à la différence de jugement d'appréciation des environnements lumineux en fonction des caractéristiques individuelles des usagers et l'influence de la situation vécue lors de la formulation du jugement d'appréciation.

La phase d'étude en chapitre 7 de ce manuscrit de thèse y est consacré.

A partir des principaux éléments identifiés comme influençant le jugement perceptif, la dernière phase de ce programme de recherche pose la question de l'influence des différents paramètres sur le jugement d'appréciation d'environnements lumineux d'une chambre d'hôtel dans une situation réelle, la plus écologique possible en contexte hôtelier. Par conséquent, sur la base de nos travaux et des données de la littérature, nous étudierons **comment la situation vécue par des usagers en situation réelle influence l'évaluation d'environnements lumineux variables en termes de quantité de lumière et de température de couleur.** Nous poserons également la question de savoir **si les caractéristiques individuelles des usagers permettent d'expliquer l'hétérogénéité des jugements d'appréciation.** Plus spécifiquement, nous nous focaliserons sur les situations vécues habituellement durant un séjour à l'hôtel, telles que la situation de détente et celles nécessitant un confort visuel spécifique tels que l'usage d'un ordinateur ou l'appréciation de sa teinte de peau dans un miroir.

Enfin, l'enjeu général de ce projet est également de développer une méthodologie adaptée aux contraintes opérationnelles fixées par notre contexte d'étude permettant de mieux comprendre la perception de l'individu relative à son environnement lumineux. Nous nous interrogerons donc sur la conception du dispositif expérimental donnant l'accès au recueil et à la formulation du jugement d'appréciation d'environnement lumineux par les usagers. **Comment valider l'importance de la lumière et de ses composantes du point de vue du client de l'hôtel ? Comment mettre en évidence**



**les paramètres fondamentaux à considérer dans la conception d'environnements lumineux adaptés aux attentes et besoins des usagers ?**

Ce programme de recherche pose également la question de la formulation de la question permettant l'accès au jugement d'appréciation. Ce point méthodologique faisant l'objet de débats scientifiques, l'un des objectifs de cette phase est de problématiser l'influence du questionnement sur le recueil de jugements émis par l'utilisateur interrogé.

En définitive et d'un point de vue applicatif, notre projet de recherche cherche à identifier scientifiquement **quels sont les paramètres fondamentaux à prendre en considération dans le modèle de conception d'environnements lumineux spécifiquement adaptés à la clientèle hôtelière.**

Dans la continuité des guides de conceptions proposés dans la littérature sur la base de technologies d'ancienne génération et spécifiques au secteur des environnements de travail, nous chercherons à apporter une contribution à la réalisation d'un guide de conception d'environnements lumineux destinés aux professionnels de l'hôtellerie. Ces modèles devront si possible être extrapolables à d'autres espaces que les espaces hôteliers.



## **PARTIE 2**

### **L'environnement lumineux de chambres d'hôtel : Expérimentations**

---



## **CHAPITRE 5**

### **Les représentations EN MEMOIRE de la lumière en contexte hôtelier**

**Contribution de l'éclairage à la satisfaction client**

## **1. Introduction**

Une littérature importante est dédiée à l'étude des paramètres contribuant à la satisfaction des clients pendant leur séjour à l'hôtel. La plupart de ces travaux s'inscrivent en Marketing et en Management de l'hôtellerie. Cette démarche analytique dans l'étude de l'expérience client en hôtellerie a été entreprise par Gundersen *et al.* (Gundersen, Heide, & Olsson, 1996). Les auteurs ont cherché à mettre en évidence les paramètres ayant une influence sur la satisfaction du client en lien avec l'entretien de l'hôtel, la réception et l'espace de restauration. Les auteurs montrent la considération d'éléments tangibles et non tangibles par les clients relativement à chacun de ces départements. Brunner Sperdin *et al.* proposent notamment une classification en trois catégories des éléments jouant un rôle dans l'expérience émotionnelle du client, influençant indirectement sa satisfaction (Brunner Sperdin & Peters, 2009). Ils identifient le cadre ou l'environnement physique dans lequel l'expérience client a lieu (*hardware*), la gestion des ressources humaines et les interactions entre personnel et clients (*humanware*) et l'assistance logicielle du hardware et du humanware rendant une expérience client satisfaisante (*software*). La lumière a été identifiée comme faisant partie intégrante des ressources matérielles, le *hardware*, contribuant à l'expérience client.

Un débat existe aujourd'hui quant à la hiérarchisation des facteurs influençant l'expérience client. Selon Brunner *et al.*, les relations humaines sont la clé d'une expérience émotionnelle favorable lors d'un séjour à l'hôtel, alors que Heide *et al.* identifient l'atmosphère comme facteur majeur influençant la satisfaction d'un client. Selon ces derniers, l'atmosphère est certes corrélée aux attentions portées aux clients, mais elle associe également les facteurs environnementaux tels que la température, la musique et la lumière (Heide & Grønhaug, 2009). De plus, on pourra mentionner les travaux de Lin *et al.* dans le secteur du service, qui ont cherché à modéliser la relation entre l'environnement social et physique relatif à un service, et les émotions et la satisfaction d'un client (Lin & Liang, 2011). Selon les auteurs, l'environnement physique est le principal élément responsable des réactions émotionnelles du consommateur et impacte davantage ses intentions d'achat que l'environnement social. L'influence de l'atmosphère sur la satisfaction du client est donc connue par les professionnels de l'hôtellerie, cependant peu d'études y sont spécifiquement consacrées.

Relativement à ces données, nous soulèverons trois pistes de réflexion.

La première est que la plupart des études qui portent un regard particulier sur la contribution des facteurs environnementaux sur la satisfaction du client, considèrent exclusivement le point de vue des professionnels et employés (Heide & Grønhaug, 2009; Ottenbacher & Gnoth, 2005; Ottenbacher, 2007). Le « vrai » usager des espaces, le client de l'hôtel lui-même, est rarement sollicité.

La seconde concerne le fait que la littérature centrée sur le secteur de l'hôtellerie, considère la lumière d'un point de vue global comme facteur influençant la satisfaction du client. Autrement dit, les travaux cherchent à comprendre l'importance de LA lumière en temps qu'élément de l'environnement physique sur le jugement d'appréciation du client au même titre que la relation client-personnel. Dans ce cas, les différents paramètres (quantité, température de couleur...) et modalités (faible/fort, chaud/froid...) décrivant spécifiquement l'environnement lumineux ne sont pas considérés. Or, les travaux issus de la psychophysique et de la psychologie environnementale, mettent en évidence la contribution spécifique des différentes grandeurs photométriques et colorimétriques à la perception de l'individu et à ses préférences (Parsons, 2000). Le chapitre 3 montre en effet la diversité des perceptions en fonction des paramètres de l'environnement lui-même et des paramètres situationnels. Toutefois, nous avons évoqué le fait que les paramètres de l'éclairage exercent une influence sur l'individu sans pour autant qu'il en soit systématiquement conscient (Küller & Wetterberg, 1993; McCloughan, *et al.*, 1999). Selon les théories cognitives contemporaines, telles que la théorie de la Gestalt, l'individu ne perçoit pas un à un chacun des paramètres composant l'environnement réel, mais il considère davantage l'environnement comme un tout (Weil-Barais, 2001). Nous considérons ainsi que les paramètres de l'éclairage contribuent à la perception globale que l'individu se construit de l'environnement. Il est donc important de pouvoir mieux connaître la contribution des différents paramètres de l'environnement lumineux en considérant le point de vue de l'utilisateur.

La troisième concerne le contexte des études réalisées dans le domaine de l'éclairage. Nous remarquons que la plupart des travaux portant sur les attentes et besoins des usagers sont réalisés en contexte de bureau ou résidentiel et plus récemment dans le secteur du service du type magasin. Pour l'hôtellerie, les travaux portent surtout sur les préférences en termes d'éclairage à l'arrivée des clients à la réception d'un hôtel (Countryman & Jang, 2006; Thapa, 2007), alors que l'environnement des autres espaces, tels que la chambre, sont tout aussi importants pour la satisfaction du client (Rutes, Penner, & Adams, 2001). En ce sens, notre enjeu est donc d'identifier les attentes et les besoins des clients en termes d'environnements lumineux lors de leur séjour à l'hôtel.

En résumé, compte tenu de la littérature existante sur l'importance des environnements lumineux en hôtellerie, nous pouvons formuler ces trois pistes de réflexion, 1/ le fait d'interroger le vrai client d'hôtel dans les études de satisfaction, 2/ la considération des différents paramètres de l'éclairage dans l'étude de la contribution de la lumière en hôtellerie et 3/ le fait que peu d'études dans le domaine de l'éclairage ont investi le secteur de l'hôtellerie.

L'objectif de la première phase de ce programme est alors de mieux comprendre les besoins et les attentes en termes d'environnements lumineux des clients (*les usagers*), durant un séjour à l'hôtel,

en se basant sur leurs points de vue. Autrement dit, nous cherchons à identifier comment et quand la lumière est perçue lors d'un séjour à l'hôtel.

Pour ce faire, d'un point de vue méthodologique, 17 clients ont été interrogés lors d'entretiens d'une heure environ, en face à face dans deux hôtels différents. La production langagière des clients lors des entretiens a été entièrement enregistrée puis retranscrite pour constituer un corpus de texte. La méthodologie d'analyse de corpus a été déclinée en deux étapes pour donner l'accès aux représentations en mémoire de la lumière du point de vue du client d'hôtel.

Une première analyse sémantique du corpus a été effectuée manuellement, c'est-à-dire sans l'aide de logiciel de traitement de données verbales, pour mettre en évidence les thématiques récurrentes de la lumière mentionnées par les clients interrogés. Ces thématiques ont été analysées pour mettre en évidence comment les usagers exprimaient leur perception des environnements lumineux durant leur séjour à l'hôtel, les similitudes et les différences dans leurs jugements. Dans un deuxième temps, une analyse collective de contenu a été réalisée par un groupe de huit experts pour mettre en évidence les significations des thématiques identifiées et les retombées opérationnelles qu'elles impliquent. Le groupe était constitué d'un directeur d'hôtel, deux ingénieurs des travaux publics, deux psychologues, deux directeurs marketing en hôtellerie et un designer.

Les résultats de cette étude sur les représentations en mémoire de la lumière en contexte hôtelier, ont fait l'objet d'une publication. Elle est présentée dans les pages suivantes de ce manuscrit.

## **2. La contribution de l'éclairage à la satisfaction client (Article I):**

*Journal: Psychology & Marketing*



# Contribution of lighting to customers' comfort in hotel rooms: a field study

## Abstract

Lighting is one of the relevant aspects of the luminous environment in a service environment and contributes to customers' perceived luminous environment. To assess which aspects of lighting are the most relevant for consumers' subjective experience, we interviewed 17 customers in two hotels in Lyon, France. Interviews focused on customers' expectations to hotel rooms as regards general comfort, importance and the functionality of light. Results were obtained in two steps. A semantic analysis of interviews was made first to highlight the words chosen by customers to express their views on key aspects of lighting quality. Then a collective content analysis was made by a group of experts to highlight how and when light was perceived by customers. The analysis identified the descriptive terms. Customers expressed their perception of lighting quality by stressing the importance of daylight, the general luminous environment (lighting quantity, distribution and colour), and lighting functionality depending on six fundamental situations for which specific lighting schemes should be proposed.

This leads to specifications for lighting products as well as lighting control strategies and user interface.

**Keywords:** lighting quality, comfort, user-centred approach, hotels, interviews

## 1. Introduction

A room's atmosphere is something that is relatively easy to appreciate, yet difficult to define or quantify (Edwards & Gustafsson, 2008). According to the literature, atmosphere can be described as something detected through the senses, influencing customers' behaviour. Kotler's (Kotler, 1973) concept of atmospherics is defined as the effort to design buying environments to produce specific emotional state in the buyer that enhance purchase probability (Hutton & Richardson, 1995). The concept of atmospherics has been further developed through a conceptual framework for service setting. The term *servicescapes* has been used to describe the physical environment in which services occur, involving both physical and human components (Bitner, 1992). Three environmental components are combined to create a perceived servicescape. The first one is *ambient conditions* which refers to the intangible background characteristics of the environment, such as temperature, lighting, noise, music, and scent. Secondly, *spatial layout* and the *functionality* of spaces are pointed out i.e. the ways in which machinery, equipment, and furnishings are arranged, the size and shape of those items, and the spatial relationships among them. Functionality refers to the ability of the same items to facilitate performance and the accomplishment of goals. The third component refers to *human interactions*. Although most research studying atmosphere deals with the retail sector, some works were carried out in the hospitality field. Atmospherics and servicescapes were combined to form *healthcare*, a concept used in a hospital context. Healthcare is defined by the authors as "the emotional, affective, cognitive and physiological influence on the behaviour of patient customer and staff providers and outcomes caused by elements of the physical health care environment, including the facility and tangible elements of service encounter" (Hutton & Richardson, 1995).

The service environment plays an important role in service delivery, because the feature of the environment has an effect on consumer behaviour. Service providers are beginning to recognize the importance of the service environment for consumer behaviour (Lin & Liang, 2011), since environmental psychologists have demonstrated its effect on the emotional state, which in turn affects behavioural responses through the well-known Mehrabian-Russel environmental model (Mehrabian & Russell, 1974). Because environmental factors become ever more complex, the concern for quality and customer satisfaction grows.

Very few studies deal with the interaction of physical parameters with customers with a view to characterise the human environment. They advise to measure the complex dimensions at play on cognitive and behavioural responses through field experiments. Our study aimed at

deciphering the relevant dimensions of the environment in the hospitality industry, which may be influenced by lighting.

In a hotel context, the guest experience was based on individual perception of both products and services (Pizam & Ellis, 1999). Although humanware, the inter-subjective aspects of service, has been identified as being central for customer experience (Brunner Sperdin & Peters, 2009), typical hardware factors such as design, lighting, colours, scent and sound have clear relevance for the hospitality industry, contributing to customer comfort (Heide, Laerdal, & Grønhaug, 2007). From a general point of view, the physical environment is one of the top attributes involved in the selection of hotels by costumers and it creates value for the guests during their stay (Dubé & Renaghan, 1998). In that study, the top attributes driving the guests' purchase decision were: location, brand name and reputation, physical property (exterior, public space), guest-room design and value for money. Some of the same attributes also created value during the stay: guest-room design, physical cleanliness, interpersonal and functional service and F&B-related services. More specifically, the architectural style of a hotel has an impact on its profitability and success as a hotel (Siguaw & Enz, 1999); colours have the ability to attract customers in retail situations and to create pleasant feelings among customers (Bellizzi, Crowley, & Hasty, 1983; Bellizzi & Hite, 1992). While people may prefer certain colours, it was found that the appropriateness of the colour varies with the function of the room (Slatter & Whitfield, 1977). Moreover, luminous environments have been shown to directly influence an individual's perception of the quality of the space, his/her awareness of physical, emotional, psychological and spiritual aspects (Kurtich & Eakin, 1993). Light influences the perceptions of form, colour, texture, and enclosure (Ching, 2007). All of these parameters - style, colours and lighting - significantly influence the perception of a hotel lobby (Countryman & Jang, 2006) works. These studies point out that lighting should be carefully considered from the perspective of a hotel guest. As mentioned earlier by Smith (Smith & Council, 1978), good lighting in a hotel can transform a dull interior into an exciting place and radically alter its mood from day to night.

Although little studied in the hospitality field, the question of light in buildings is not recent. Lighting perception has been the topic of several studies since 1973 (Flynn, Spencer, Martyniuk, & Hendrick, 1973). Knowledge of the psychological effect of lighting was to a large extent based on results from lighting preference and visual perception studies (McCloughan, Aspinall, & Webb, 1999). Lighting patterns may be recognized as a visual language that can communicate impressions of mood, creating psychosocial impressions such as intimacy, privacy and warmth (Hendrick, Martyniuk, Spencer, & Flynn, 1977). These

impressions and moods were fundamental for achieving perceived satisfaction with a space. Further investigations were conducted, mainly in office contexts, to study the determinants of lighting quality on task performance, mood, health, satisfaction and comfort (Boyce, Eklund, Hamilton, & Bruno, 2000; Galasiu & Veitch, 2006; Veitch & Newsham, 1998). The conditions that create emotional responses or pleasant environments are not as well understood. Human response to light is a complex subject and accurate predictions of subjective impressions are still difficult to make. Lighting conditions that are satisfactory are context dependent, depending on the function of the building, its use, and population, etc. (Parsons, 2000). In light of the importance of the physical property of a hotel and in conjunction with the concept of atmosphere, we believe it is important that hotels pay closer attention to physical settings and to lighting in particular. The purpose of the present study was to provide a description of the way light and lighting contribute to the assessment of the general quality of a hotel room by the customer. One difficulty was that this assessment was based not only on visual stimuli. We consider perception to be a result of different sources of information, coming from both the physical stimuli (sensations related to specific light exposures) but also from the individual schemes with respect to the customer wants and needs (past experience, culture) and from the situation he/she is experiencing (conditions of use and social context) (Giboreau, 2009). How does light in hotels figure in the comfort perceived by customers? The framework of this study was the investigation of possibilities of improving customers' satisfaction during their stay through specific actions concerning the lighting scheme of hotel rooms. In this study, we aimed at extracting relevant parameters involved in the positive and/or negative feelings of hotel customers with a semantic analysis and a collective content analysis involving a group of experts. We expect from this exercise to build an evidence-based structure in order to define the grammar of "Quality lighting schemes for hotel rooms".

## **2. Research Methods**

This work aimed at the identification of the contribution of lighting in the general assessment of satisfaction with respect to lighting. For this purpose, we interviewed customers and analysed the vocabulary used for expressing their perception of lighting quality. The final aim was to identify the key parameters for this assessment. To do that, we used a methodology based on semi-directive interviews conducted in hotels with customers.

## 2.1. Subjects

Customers were interviewed in two different hotels belonging to the Accor group, both located in the central area of Lyon, France: Hotel Royal (4-star hotel), and Hotel Mercure Lyon Lumières (3-star hotel). The customers were recruited during check-in at the hotel reception, selected among those who booked at least two overnight stays at the hotel in order to increase their time availability for the study. Seventeen customers participated in the study: 66% were male and 76% business customers. This proportion is relevant for the typical distribution of customers for these hotels.

## 2.2. Procedure

This investigation was presented to clients as a survey on satisfaction. No particular mention of light or lighting was made during the recruitment. A diary was given to the customer for him/her to note the various activities he/she was doing during the stay and the frequency of the activities. This document was used to allow a better recollection of these elements during the subsequent interview. An appointment for an interview was made for the following day whenever a customer agreed to participate. The interviews took place either in the morning in the breakfast room, or in the early evening in the bar. An interview guide was used, following a semi-directive methodology: asking open questions and going from general to particular topics. Interviews started with general considerations which led us to identify the customer's opinion of hotel comfort. The discussion was then turned to the role of lighting in the assessment of spaces, if no spontaneous comment was made by the customer. The questions were as follows: i) *Why did you choose this hotel?* ii) *What is, in your view, important for a hotel? What is a "great atmosphere" to you?* iii) *What does comfort mean to you? What criteria contribute to it?* iv) *What was your first impression when you arrived at the hotel? In your room?* v) *Can you talk about lighting in this hotel? In your room?* Individual interviews lasted between 30 and 45 minutes each. At the end of the experiment, subjects were given 15€ and thanked for their efforts. The reward was advertised as part of the recruitment (Baker, Grewal, & Parasuraman, 1994).

## 2.3. Data and analysis - subsection

### 2.3.1. Data collection

Each interview was recorded and integrally transcribed to allow a detailed analysis. It should be noted that all the interviews were conducted in French. The translation into English of the verbatim quote was done afterwards. The most relevant quotes in this paper were given in

order to illustrate our results. Each verbatim quote finishes with some information about the identity of the interviewed customer: his/her initial letters, gender (F for female, M for male), and his/her age.

### **2.3.2. Semantic analysis of the corpus**

A semantic analysis was made through the corpus with a linguistic methodology. The entire corpus was first read without specific *a priori* hypothesis in order to stress relevant topics about light. Then the linguistic context of the selected topics were further analysed, without any software, in order to identify how light is mentioned in the discourse in comparison with the other topics and the specific vocabulary used by customers while they were talking about light (Cheminée, 2010). The significance of each term was also analysed in order to emphasise similarities and differences of the expression. Our methodology consisted of extracting manually, meaningful information and grouping it manually into categories. This approach led us to compare discourses on the one hand and to provide weight to comments by identifying the number of interviewees expressing the same type of comment on the other hand.

### **2.3.3. Collective content analysis of a group of experts**

A group composed of eight experts (1 hotel manager, 2 engineers, 2 psychologists, 2 hotel brand directors and 1 hotel designer) was involved in a collective content analysis to come up with operational outcomes from the gathered qualitative material. Each expert should first find the cues of the customers' representation of light, by analysing the corpus based on his/her expertise. A collective content analysis was made to highlight the significance of each selected verbatim quote regarding needs and wants in terms of lighting during a stay. The analysis focused on the different representations of lighting expressed in the corpus.

## **3. Findings**

### **3.1. Semantic analysis of the corpus**

#### **3.1.1. Global analysis of relevant criteria before booking at a hotel**

Before analysing the contribution of light to comfort, the material was analysed regarding the customers' points of view in relation to their general expectations relative to their stay at the hotel. Table 1 sums up the criteria of appreciation of a stay in hotel.

Importantly, each of these criteria came spontaneously in the discourse when customers explained the reason for coming to a hotel in Lyon. The main reason was its (a specific one) convenient location in the city. When they were questioned about their reasons for coming, consumers expressed heterogeneous expectations: 36 different criteria were mentioned. Four categories seemed to describe the variety of expectations. The *business* aspects included the quality of advertising, the brand, the location of the hotel and the price. Those criteria reassured customers regarding the quality of service before being physically in the building, thanks to the known standards in the hospitality industry. The category named *customer* was related to the attention to guests provided by employees and the first impression they experienced during a stay, the humanware. The last two categories were related to the service environment: the *functionality of the environment* regarding the overall quality of the premises and the conveniences as well as the overall and the luminous environment. Categories related to the *perception of the environment* regarding the expected quality of physical environment. Light is part in this category. Although lighting was not referred to as the first topic mentioned in the discourse, it was spontaneously mentioned during the interview. Customers referred to light in general, daylight, artificial light and its functionality. These elements revealed light as an important parameter, because it appeared spontaneously in the discourse without any explicit question concerning luminous environment. More generally, customers referred to the luminous environment, decoration, customised hotels and comfort, criteria that could be intimately related to the quantity and quality of light and influenced by it. The next section highlights the words used to talk about these last points.

**Table 1: Grouping of criteria expressed by customers during the interview.**  
Frequency of occurrences of criteria is mentioned in brackets.

BUSINESS	CUSTOMER		FUNCTIONALITY OF THE ENVIRONMENT		PERCEPTION OF THE ENVIRONMENT	
Business aspect	Attention to guests	First impression	Overall quality of premises	Convenience	Overall atmosphere	Lighting atmosphere
Brand, positioning (6), price (6), quality of advertising (1)	Welcoming (10), guest attention (6), attitude of employees (6), to be recognised (4)	Habit (4), to feel at home (1), to be surprised (1)	Quality of bedding (9), size of spaces (6), cleanliness of hotel (6), cleanliness of the bathroom (6), soundproofing (6), quality of food (4), quality of services (4), quality of furnishing (3)	Convenience of location (12), quietness (8), functionality (6), functionality of bathroom (6), wifi (3), laundry (3), restaurant (2), availability of parking (1), air conditioning (1)	Decoration (7), comfort (6), customising hotel (4), atmosphere (2)	Lighting (8), artificial lighting (1), to have a view (Devlin, <i>et al.</i> ), natural light (1), functionality of lighting (1)

### 3.1.2. The vocabulary of light



Customers referred to light in different ways when discussing criteria they expected during their stay in hotels regarding lighting wants (Figure 1).

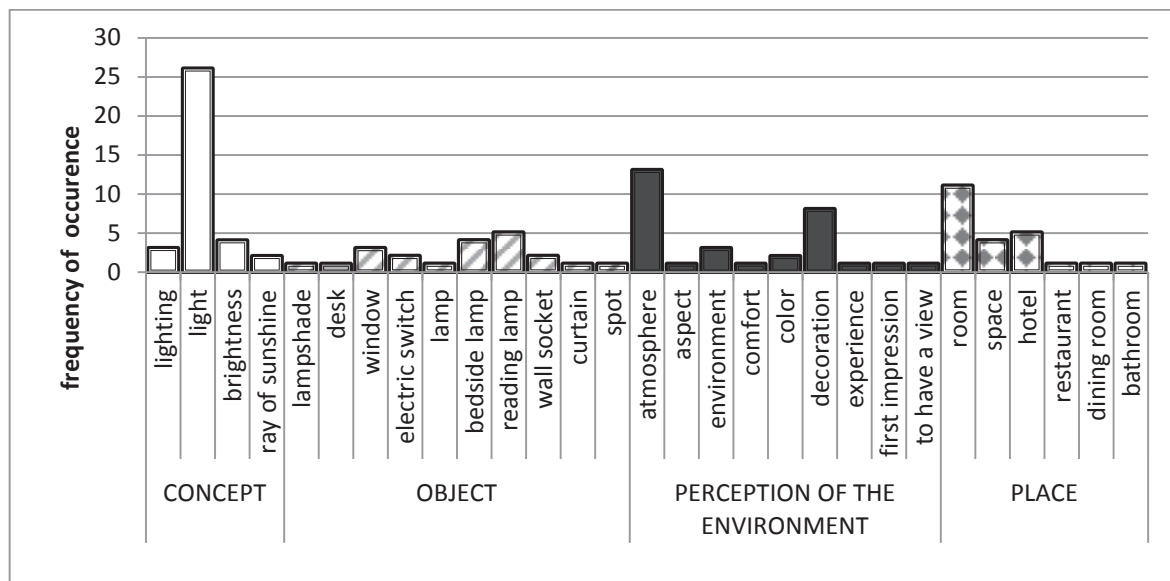


Figure 1: Light put into words: Frequency of occurrence of terms related to light (Percentage of responses)

Customers referred to lighting by using various lexical forms which relate directly to light. Most often, *lumière* (light), *éclairage* (lighting), *luminosité* (brightness), *rayon du soleil* (ray of sunshine) were used. The term *lumière* (light) was often used in an ambiguous way to describe the objects (lamps), the general equipment (lighting) and the perceived luminous environment. For instance:

- *If you need a light which is a little more subdued, you can adjust small reading lights and small lights bedside tables, After all, it is a play of light.* LC, F, 46 yrs

In this quote, lights meant the bedside lamps. The term light was also used with different meanings. Light referred to the equipment, the lamps around the bed and concurrently, light in the same sentence in the singular form, referred to the overall concept. The same words meant different things, materials and the general concept of producing light.

However, it happened that customers specified their discourse by using more precise terms. For instance, a customer referred clearly to the object producing the light source, notably when it related to the functionality of light. Terms such as *lampe* (Lamp), *lampe de chevet* (bedside lamps), *liseuse* (reading light), and *spots* (spot lights) in the room were used in a



proper manner. They also used terms like wall sockets and switches when they wanted to criticise the quality of the electrical installation in the room.

- *There are reading lights that I use, but they are often very powerful, I usually use only one LC, F, 46 yrs*
- *The lighting is very well, switches are easy to find. Sometimes you get into bed, you want to sleep and you cannot find the switches to turn off the light, so you have to get up and switch it off, all these little things put together can be bothering. WA, M, 64yrs*

Customers referred more frequently to the overall concept than to the physical aspects of light. They used terms referring to an *ambiance* (ambiance), *atmosphere* (atmosphere), *couleur* (colour), *decoration* (decoration), *première impression* (first impression). When customers used these words, they referred to the aesthetics of their environment, as they perceived it.

- *It is a relaxing atmosphere. I think it is so because the colours are warm and clear; the white quilt, I like it on a bed. I find these rooms to be very pleasant. CG, M, 43 yrs*

Finally, customers refer to the luminous environment in the hotel rooms. Different areas in the hotel were described regarding the perceived quality and quantity of light.

- *This is a good compromise between a room that is not too dark, and one that is not too bright. LC, F, 46 yrs*

These results confirmed the notion that customers perceived the overall indoor environment, without considering each physical parameter in an analytic way (Dubois, 2010).

### **3.2. Collective content analysis made by experts' group**

After analysing the lighting vocabulary mentioned in the discourses, a collective content analysis was made that focused on the different interactions between customers and light. The objective was to make operational recommendations for designing appropriate lighting devices and situations. The content analysis allowed highlighting of themes when light was involved in an explicit and implicit way respectively. On one hand, four axes were identified: natural vs artificial light, light related to aesthetics and light related to functionality, as described below. On the other hand, light seemed to be part of the general atmosphere expected by customers at different times during their stay.

### 3.2.1. The explicit contribution of light

#### Natural vs artificial light

It should be noted that two major themes regarding light appeared in the discourse: daylight and artificial lighting. Natural light appeared before artificial light in discourses. Customers wanted to feel free in their room to open windows, to look outside in order to get a view and to receive daylight when available. The natural appearance of light has to be reinforced at some moments of the day depending on the activity practiced.

- *It is good because when we open the window in the morning, I like having no artificial light, I open, and it's good.* GK, M, 42 yrs

#### Light related to aesthetics

From the customers' point of view, several verbatim quotes clearly pointed to light as a relevant factor contributing to their overall comfort during their stay:

- *Through decoration, light is important, yes, with indirect light, plays of indirect light, unconventional furniture, this is slightly less austere than what can be occasionally found.* JC, M, 71 yrs

Customers clearly expressed that the light contributed to their well-being during their stay, even though they could not understand the lighting scheme.

- *I think the luminous atmosphere is important, although it is unclear exactly why and I am incapable to identify it.* CR, W, 45yrs

Light also contributes to the customers' overall assessment the quality.

- *"In fact, it is a whole, you really need to feel, as at home with a room which is neither too dark nor too bright, quiet, welcoming".* LC, F, 45 yrs

#### Light's functionality

Customers often judged lighting quality through their relation to a given function. Customers spent a limited time in their rooms and seemed to express their expectations with some accuracy, in particular with respect to lighting.

- *I press on the button, the light is going to come on, I'm happy.* GK, M, 42 yrs

Customers expressed their expectations to interfere physically with the equipment through a rather intuitive control mode.

- *There was a hotel, for example, where it was very difficult to understand how the light worked, thus every time you touched the lamp, light became intensified, or decreased, it's good, but it is a little bit difficult to use*". UG, M, 49 yrs.

The interviewees explained their way of operating lighting. Most of them first turned on all lights and then adjusted the power of the lamps to obtain the appropriate luminous environment. Later, during their stay, customers appreciated being able to adjust artificial lighting depending on their activity.

- *Absolutely, if only when I went back to the hotel at night, in general, I turn on the lights for an overview of the room and then as soon as I put away my things, I turn on the small lights, for example at the headboard, in order to have a much more peaceful atmosphere*. LC, F, 45 yrs

The consequence of specifications for a lighting installation in a hotel room was quite significant: it suggested that all lights should be on when entering a room, second that customers should be given options for adjusting the lighting according to their activities and this with the most user friendly, intuitive, interface.

### **Light related to activities**

Content analysis of interviews revealed that customers expressed different needs and wants depending on the activities they were involved in and the luminous environment they would like. The verbatim quotes below give an overview of expectations and preferences with regard to a list of activities mentioned in the discourse. Customers expressed their wish to have a suitable luminous environment for reading comfort.

- *Well, if you need to read or want a more subdued lighting, you can use the small reading lamps and/or the bedside lamps*. UG, M, 49 yrs

Other expectations were mentioned by customers who want a specific atmosphere when they arrive at the hotel.

- *When I arrive, I mean I come to a hotel to really have a rest, so it has to be soothing, relaxing, soft lights...* JC, M, 71 yrs

Importantly, customers talking about atmosphere expected to improve their well-being before falling asleep.

- *Then I lower the lights, I keep a small light, [...] that's it, is to prepare myself to sink into sleep*. WA, M, 64 yrs

### 3.2.2. The implicit contribution of light

#### Light related to the atmosphere

The contribution of light to the perceived luminous environment can be assessed through implicit discourses used by customers, i.e. when they do not refer verbally to the light.

- *The atmosphere... A certain style, I like it, it's a bit like here, good taste, sober, warm colours.* LC, W, 45 yrs

This notion emphasised that the colour of light contributes to the overall atmosphere and clearly to the customers' appreciation. It should be noted that colour temperature, which describes the colour of a light source, is typically expressed in terms of how warm (yellow appearance) or cool (blue appearance) the light is perceived to be. Clearly, the concept of warm and cool light is understood by some observers. This concept refers to the Correlated Colour Temperature (CCT) used by lighting professionals to characterize light sources. Values of CCT vary typically from 2700 K (warm white, rich in red radiation) to more than 5000 K (cool white, poorer in red radiation). Often, fluorescent light that is said to be a cool white source (Gordon, 2003), although fluorescent lights can be made to produce warm light. In the same way, materials contributed to the appreciation of the luminous environment in the room, from the customer point of view. The luminous environment was influenced by the type of furnishing and materials, related physically to the lighting parameters.

- *I saw only two rooms, a blue one and a red one, same sensation, same feeling, to be really in an enclosed space, warm, well closed, very comfortable, safe ; this space, this mellowness in the curtains, the bedding.* LC, F, 45 yrs

This emphasises the contribution of lighting to the appreciation of the environment by customers. From their point of view, lighting could be interpreted as a relevant factor because of its contribution to the aesthetic aspect in terms of the luminous environment on one hand and on the other hand, its contribution to functionality of spaces. Both natural and artificial light was perceived and used through these double aspects: aesthetics and functionality. The lighting aspect was also a relevant element for improving the comfort of users in an environment.

#### Perception of luminous environment in relation to the situation

This study enabled us to highlight that the perceived luminous environment varies according to the activities of the customers. The content analysis resulted in a list the activities during a stay related to a specific luminous environment linked to customer's needs and expectations

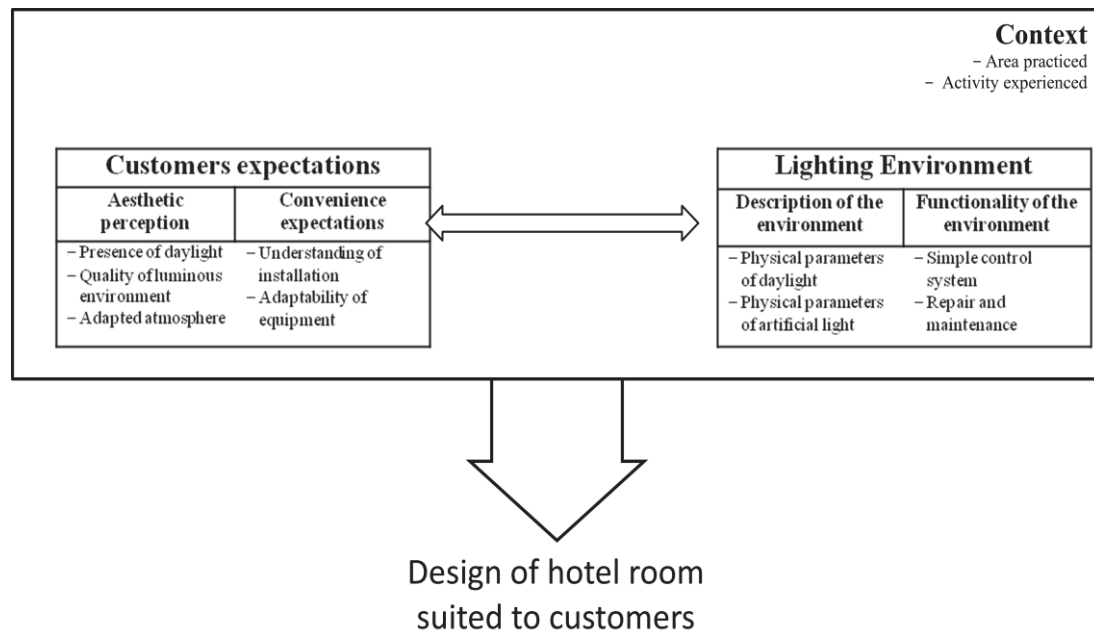
for each of them. The collective content analysis of customer's discourse, involving a group of experts, allowed a grouping of the activities mentioned in the corpora in situations, when activities were defined by similar needs and uses of lighting of customers. Six fundamental situations were also defined. Table 2 lists the fundamental situations and their meaning, based on the content analysis of the interviews.

**Table 2: Fundamental situations revealed by discourse analysis of users of a hotel room**

<b>Situations</b>	<b>Meaning of situations</b>	<b>Verbatim</b>
Arrival time	A welcoming impression on entering the room on arrival.	Me, what I want when I come, in fact we are really at the hotel to rest, so it's really something relaxing, soft lights, that's for sure ... JC, M, 71 yrs
Working time	An atmosphere to provide visual comfort according to physiological needs	Well if you need to read or a light a little more subdued, you can adjust small reading lights and small bedside lights, and for the working time, you have a light on the desk, a little more focused on the desk and on your computer. LC, F, 45 yrs
Leisure time	An atmosphere to provide mood lighting which may depend on customers' expectations and preferences	I do not think we need a bright light in a room like this, because, well, there is perhaps a drink at night, drinking coffee, err..., we do not need a light ... no, it is rather sober in terms of light, err..., it's not bright, indirect light CB, M, 39 yrs
Sleeplessness time	During the night, when people want to switch the light on without being dazzled	I, I like to fall asleep with subdued lights UG, H, 49 yrs
“switch off”	A convenience for people who want to switch all lamps off, when they leave the room or fall asleep	For lighting... It's good that we can manage everything from the bed. Again, to switch on or to switch all off. AMP, F, 52 yrs
“switch on”	A convenience for people who want to switch all lamps on, without any lighting scenarios.	

#### 4. Discussion

These results established that customers paid attention to light in hotel rooms and that light contributed to their overall satisfaction. The discourse analysis allowed us to distinguish regularities and specifics in the evaluation of the sensitive world according to the characteristics of light. Most previous studies highlighted different preferences for lighting levels (Hawkes, Loe, & Rowlands, 1979; Heerwagen, 1990; Veitch & Newsham, 1998). How can we explain this variety of lighting preferences? On the one hand, discourses were studied in order to identify the holistic dimension of the perception of lighting by customers (the luminous environment, the decoration, the light) in exploitable lighting scenarios by engineers, architect, lighting designers. This last point has been the preoccupation of several research teams during this past decade (Cauwerts, De Herde, Bodart, & Andersen, 2011; Heide, *et al.*, 2007; Mudri, Legendre, & Pierson, 2001; Mudri, Linares, Gandon, Mottot, & Poitier, 2005; Stern, *et al.*, 2003); the teams are interested in translating the discourses of users of a luminous environment into terms understandable by those who are building spaces. These last assertions are illustrated in our model of the lighting perception of a hotel room (Figure 2). The box named 'Customers expectation' on the left sums up the aesthetic and convenience expectations of customers during their stay in terms of luminous environment. In the box to the right, the lighting provided by the hotel room has its own specifications. The physical parameters of the daylight and the artificial light on one side, and the functionality of the lighting control system on the other side, are both parameters of lighting identified as relevant for the definition of a comfortable luminous atmosphere. To go deeper in the analysis, the holistic dimension of the discourse allowed us to define it in terms of spaces (reception, room, desk, around the bed) and in activities (to work, to rest, to read, to write, to discuss, to eat) to describe the environment perceived by customers (welcoming room, bright space, "like home" feeling). Customers expressed their expectations in terms of space aesthetics and functionality. Professionals have to respond to this through lighting schemes (fluxes, luminance, colour temperatures, technology, lamp design, window components) as well as controls (user interface, adaption to function).



**Figure 2: Main parameters involved in designing a comfortable luminous atmosphere from the perspective of users of a hotel room**

Any lighting specialist would have an idea of the type of lighting solution to propose for lighting a room. This study is based on users' opinion of the importance of the luminous environment according to their needs and expectations. The study allowed us to claim that, by processing the quotes, we had identified six main situations. More in-depth research is required in order to provide the appropriate lighting scheme for each of them. Previous studies (Cance, Bardot, Dubois, & Giboreau, 2008) aimed to describe the visual, acoustic, and olfactory characteristics of an environment. This is generally to link these physical properties to sensory perception expressed by users and their preferences. This difference in terms of experimental approaches may explain the confusing background of studies focusing on the influence of a single physical stimulus. The human body is not a passive system that responds to an input in a way that is monotonically related to the level of the physical stimulus. All responses depend on a great many factors (Parsons, 2000).

## 5. Conclusion

This study enabled us to highlight relevant aspects that contribute to the luminous environment expected by customers in a hotel room. We retain four relevant aspects: penetration of natural light (depending on time of day and activities), quality of artificial light (colour temperature, luminance distribution), the type of lamp and decorative elements (colour of furniture), the possibility of controlling lighting variations in order to adapt it



depending on the time of day and the activities. The perception of the luminous environment is also influenced by the activity experienced from the customers' point of view. Six fundamental experienced situations were identified through customers' discourses. It appears essential also to be able to personalise lighting depending on the use in the different main situations in a hotel room.

This study gives us some indication for the design of lighting schemes which should lead to a high level of satisfaction. For each of the six situations, solutions have to be worked out:

- 1) How to maximise the role of windows for daylight, sun penetration, view.
- 2) How to provide, for each situation, the most attractive and meaningful lighting schemes through obtaining the most suitable luminances, illuminances and colour temperatures
- 3) How to offer a simple, efficient and easy-to-understand interface for lighting control.

This work established the base for the next step of the study. If one wants to propose lighting schemes that will be able to give higher satisfaction to customers, we have to explore and test various lighting schemes for each of these situations. This step seems to require the presentation of lighting solutions to customers, and to ask them to rate these solutions.

Since the number of solutions is infinite, the proposal is to design lighting schemes with various intensities, colour, modulations, and to possibly propose different locations of light sources. Such a testing protocol requires the presentation of lighting schemes with possible variations of parameters, one at a time, to ease interpretation. Such procedures are regularly employed through mock-up testing or the presentation of high-definition, realistic, computer-generated images (Charton, 2002) and would be a relevant research perspective of this present work. For this reason, the authors have engaged a second phase of this work exploring lighting options using computer generated images. The report is under press.

### **Acknowledgements**

We thank Mr Patrick GAINIER, hotel manager of le Royal, and Mr Laurent VERNAY, hotel manager of Mercure Lyon Lumière, interviewed customers for their time and consideration. Thanks are due to SOMFY, SCHNEIDER ELECTRIC, PHILIPS LIGHTING, EDF and ACCOR for supporting this project. Finally, we wish to thank Danièle DUBOIS for her helpful and constructive advice and Anne EVANO for providing language assistance.



## Bibliography

- Baker, J., Grewal, D., & Parasuraman, A. (1994). The influence of store environment on quality inferences and store image. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 22, 328-339.
- Bellizzi, J., Crowley, A., & Hasty, R. (1983). The effects of color in store design. *Journal of Retailing*, 59, 21-45.
- Bellizzi, J., & Hite, R. (1992). Environmental color, consumer feelings, and purchase likelihood. *Psychology & Marketing*, 9, 347-363.
- Bitner, M. (1992). Servicescapes: the impact of physical surroundings on customers and employees. *The Journal of Marketing*, 56, 57-71.
- Boyce, P. R., Eklund, N. H., Hamilton, B. J., & Bruno, L. D. (2000). Perceptions of safety at night in different lighting conditions. *Lighting Research and Technology*, 32, 79-91.
- Brunner Sperdin, A., & Peters, M. (2009). What influences guests' emotions? The case of high quality hotels. *International Journal of Tourism Research*, 11, 171-183.
- Cance, C., Bardot, A., Dubois, D. & Giboreau, A. "Colours and matters in real and virtual spaces. Linguistic analysis to evaluate technical devices", Proceedings of Materials and Sensations Workshop, Pau, 2008.
- Cauwerts, C., De Herde, A., Bodart, M., & Andersen, M. (2011). *Développement d'une métrique d'évaluation de la qualité lumineuse et de l'intérêt visuel d'un espace éclairé naturellement*. Université Catholique de Louvain.
- Charton, V. (Devlin, Chalmers, Wilkie, Purgathofer, & ". In Dieter Fellner and Roberto Scopigno). *Etude comparative de la perception d'ambiances lumineuses en milieu réel et en milieu virtuel*.
- Cheminée, P. (2010). Est-ce bien «clair»? In L'Harmattan (Ed.), *Le Sentir et le Dire - Concepts et méthodes en psychologie et linguistique cognitives*. Paris.
- Ching, F. (2007). *Architecture: form, space, and order*. New York: Wiley.
- Countryman, C., & Jang, S. (2006). The effects of atmospheric elements on customer impression: the case of hotel lobbies. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 18, 534-545.
- Devlin, K., Chalmers, A., Wilkie, A., & Purgathofer, W. (Devlin, et al.). Tone reproduction and physically based spectral rendering. *Eurographics 2002: State of the Art Reports*, 101-123.
- Dubé, L., & Renaghan, L. (1998). Creating visible customer value. *Organizational Dynamics*, 21-33.
- Dubois, D. (2009). *Le Sentir et le Dire - Concepts et méthodes en psychologie et linguistique cognitives*. L'Harmattan (Ed.), Paris.

- Edwards, J. S. A., & Gustafsson, I. B. (2008). The room and atmosphere as aspects of the meal: a review. *Journal of Foodservice*, 19, 22-34.
- Flynn, J., Spencer, T., Martyniuk, O., & Hendrick, C. (1973). Interim study of procedures for investigating the effect of light on impression and behavior. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 3, 87-94.
- Galasiu, A., & Veitch, J. (2006). Occupant preferences and satisfaction with the luminous environment and control systems in daylit offices: A literature review. *Energy & Buildings*, 38, 728-742.
- Giboreau, A. (2009). *De l'analyse sensorielle au jugement perceptif: l'exemple du toucher*. Université Lyon 1, Lyon, France.
- Gordon, G. (2003). *Interior lighting for designers*. New York: John Wiley
- Hawkes, R. J., Loe, D. L., & Rowlands, E. (1979). Note towards the understanding of lighting quality. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 8, 111-120.
- Heerwagen, J. (1990). Affective Functioning," Light Hunger," and Room Brightness Preferences. *Environment and Behavior*, 22, 608.
- Heide, M., Laerdal, K., & Grønhaug, K. (2007). The design and management of ambience—Implications for hotel architecture and service. *Tourism Management*, 28, 1315-1325.
- Hendrick, C., Martyniuk, O., Spencer, T., & Flynn, J. (1977). Procedures for investigating the effect of light on impression. *Environment and Behavior*, 9, 491.
- Hutton, J. D., & Richardson, L. D. (1995). Healthscapes: The role of the facility and physical environment on consumer attitudes, satisfaction, quality assessments, and behaviors. *Health Care Management Review*, 20, 48-61.
- Kotler, P. (1973). Atmosphere as a marketing tool. *Journal of Retailing*, 49, 48-64.
- Kurtich, J., & Eakin, G. (1993). *Interior architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Lampi, E. (1973). Hotel and Restaurant Lighting. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 13, 58-64.
- Lin, J. S. C., & Liang, H. Y. (2011). The influence of service environments on customer emotion and service outcomes. *Managing Service Quality*, 21, 350-372.
- McCloughan, C. L. B., Aspinall, P. A., & Webb, R. S. (1999). The impact of lighting on mood. *Lighting Research and Technology*, 31, 81-88.
- Mehrabian, A., & Russell, J. A. (1974). *An approach to environmental psychology*. Cambridge: the MIT Press.
- Mudri, L., Legendre, A., & Pierson, A. (2001). Dimensions of personality in the responses to luminous ambiances. In *18th Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Florianópolis – Brazil.

- Mudri, L., Linares, E. C., Gandon, E., Mottot, A. L., & Poitier, C. (2005). Interpretation models and their applications for luminous ambience. In *22nd Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Beirut, Lebanon: PLEA.
- Parsons, K. (2000). Environmental ergonomics: a review of principles, methods and models. *Applied Ergonomics*, 31, 581-594.
- Pizam, A., & Ellis, T. (1999). Customer satisfaction and its measurement in hospitality enterprises. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 11, 326-339.
- Siguaw, J., & Enz, C. (1999). Best practices in hotel architecture. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 40, 44-49.
- Slatter, P. E., & Whitfield, T. W. A. (1977). Room function and appropriateness judgements of color. *Perceptual and Motor Skills*, 45, 1068-1070.
- Smith, D., & Council, D. (1978). *Hotel and restaurant design*. London : Design Council.
- Stern, A. L., MacRae, S., Gerteis, M., Harrison, T., Fowler, E., Edgman-Levitan, S., *et al.* (2003). Understanding the consumer perspective to improve design quality. *Journal of Architectural and Planning Research*, 20, 16-28.
- Veitch, J. A., & Newsham, G. R. (1998). Lighting quality and energy-efficiency effects on task performance, mood, health, satisfaction, and comfort. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 27, 107-129.

### Figure captions

Figure 1: Light put into words: Frequency of occurrence of terms related to light.....	102
Figure 2: Main parameters involved in designing a comfortable luminous atmosphere from the perspective of users of a hotel room.....	109
Table 1: Grouping of criteria expressed by customers during the interview.....	101
Table 2: Fundamental situations revealed by discourse analysis of users of a hotel room .....	107

### **3. Conclusions : Six situations de vie à mettre en lumière**

Alors que les données de la littérature identifient LA lumière comme facteur important de l'environnement physique contribuant à la satisfaction client, l'objectif de la première phase de notre travail était d'identifier les représentations en mémoire de la lumière du point de vue des usagers. Autrement dit, nous avons cherché à identifier comment et à quels moments la lumière était perçue par les clients durant un séjour à l'hôtel.

Pour ce faire, nous avons conduit 17 entretiens semi-directifs en face à face auprès de la clientèle de deux hôtels différents et analysé le discours, via une analyse sémantique et une analyse collective de contenu.

Les résultats de cette étude ont apporté la preuve de l'importance de la lumière pour la satisfaction du client pendant son séjour à l'hôtel. En effet, les clients interrogés de manière générale sur les éléments contribuant à leur confort pendant un séjour à l'hôtel, ont mentionné de manière spontanée la lumière. Une analyse sémantique plus approfondie du corpus de texte a permis de regrouper selon trois thématiques, les critères de la lumière importants pour le client : 1/ l'importance de la lumière naturelle à différents lieux et moments de la journée, 2/ la qualité perçue de l'éclairage en tant que concept global (atmosphère, ambiance) et analytique (les couleurs, les niveaux de lumière), et enfin, 3/ la facilité et l'ergonomie des interfaces afin d'optimiser la relation entre l'individu et son environnement physique.

L'analyse collective de contenu faite par un groupe d'experts, a permis de mettre en évidence qu'il n'existe pas une lumière, LA lumière, mais des attentes différentes en termes d'environnements lumineux en fonction des usages durant un séjour à l'hôtel. Six situations fondamentales ponctuant le séjour d'un client ont été identifiées. Chacune d'elles nécessite une mise en lumière spécifique pour garantir la satisfaction client:

- L'arrivée désigne le moment où le client découvre la chambre pour la première fois, une mise en lumière spécifique est attendue pour accompagner l'arrivée du client dans sa chambre.
- La détente opposée à la situation de travail, concerne tous les moments vécus dans la chambre où un éclairage d'ambiance est attendu (regarder un film, se reposer...).
- Le travail est défini par un environnement lumineux devant procurer un confort visuel optimal pour les tâches réalisées par les clients (rédaction sur ordinateur, lecture active...)
- La veille concerne l'environnement lumineux utile pour éclairer la pièce à très faible niveau de lumière mais suffisant pour se déplacer dans la chambre par exemple. Cette situation est vécue notamment la nuit.

- la situation où toutes les sources lumineuses sont allumées simultanément, sans mise en lumière spécifique de la pièce. Cette situation est nécessaire notamment lors de l'entretien de la chambre afin de vérifier la fonctionnalité de l'équipement.
- la situation où toutes les sources lumineuses sont éteintes simultanément. Cette situation est attendue notamment au coucher du client pour des raisons de commodité ou lors de son départ pour des raisons d'économie d'énergie.

Ces résultats confirment les données de la littérature.

La lumière est bien un élément important contribuant à la satisfaction client comme l'ont montré les travaux de Heide (Heide, *et al.*, 2007) et de Park (B. C. Park, *et al.*, 2010). Les auteurs soutiennent respectivement le rôle majeur de l'environnement physique dans l'expérience client dans chacun de leurs travaux, l'un en management de l'hôtellerie, l'autre en architecture. Cependant, dans notre cas, le corpus que nous avons obtenu suite aux entretiens, ne priorise pas la thématique des environnements lumineux pour la satisfaction du client durant son séjour. Les clients que nous avons interrogés ont mentionné accorder une importance plus grande à la situation géographique de l'hôtel qu'à l'environnement lumineux du bâtiment. Cependant, le concept de lumière apparaissant de façon spontanée dans le discours des clients interrogés, témoigne de l'importance accordée à ce sujet.

Par ailleurs, les résultats de cette phase montrent l'importance d'une mise en lumière spécifique des espaces en fonction des situations vécues. Une telle segmentation des activités a été déjà montrée dans le secteur résidentiel (Butler & Biner, 1987; Nakamura & Karasawa, 1999). Les auteurs ont identifié différentes attentes en termes d'environnements lumineux en fonction de différentes situations de vie. A notre connaissance, ce type de segmentation n'a jamais été démontré en dehors du contexte résidentiel. Donc, comme dans le secteur résidentiel, nos résultats ont montré la nécessité d'une mise en lumière spécifique des espaces de l'hôtel pour répondre aux attentes et besoins des usagers, ici, les clients. Il est intéressant de noter que la segmentation des situations dans le contexte résidentiel est définie en fonction du type et du nombre de personnes présentes au moment de l'activité. A titre d'exemple, Biner a montré que les relations sociales dans l'espace ont une importance dans la caractérisation des environnements lumineux préférés (situation romantique ou platonique, réception d'un seul ami ou d'un groupe d'amis) (Biner, *et al.*, 1989). Dans notre cas, les chambres d'hôtel sont le plus souvent occupées par des voyageurs solitaires ou en couple. La segmentation des situations d'usage s'est faite sur la base du type d'activités telles que lire un livre, regarder la télévision, arriver dans la chambre *etc.*.

En conclusion, les résultats de cette étude sur les représentations en mémoire de la lumière, montrent d'une part, les thématiques récurrentes relatives à la qualité perçue de l'éclairage et d'autre part, la nécessité de mettre en lumière spécifiquement chacune des situations vécues par les clients durant leur séjour à l'hôtel. Ces résultats soulèvent alors la question de la mise en lumière spécifique à chacune des situations identifiées. Quels sont les paramètres de l'éclairage à prendre en considération pour la conception d'environnements lumineux adaptés aux usages du point de vue des usagers.

La phase suivante de ce travail, dédiée la conception d'environnements lumineux, se décline en deux questions.

La première est de savoir comment définir une méthode de conception de scénarios d'éclairage adaptés à chacune des situations de vie identifiées. En d'autres termes, quels sont les paramètres de l'éclairage qui influencent l'appréciation positive ou négative d'une chambre d'hôtel, du point de vue des usagers. Pour répondre à cette question, nous devons nous placer dans une situation la plus écologique possible, reproduisant au mieux les conditions réelles d'usage.

La seconde est de savoir comment étudier les jugements d'appréciation relatifs à l'apparence visuelle globale d'un environnement lumineux d'une chambre d'hôtel et identifier les facteurs modulant la valence et l'intensité du jugement d'appréciation. Pour cela, nous nous plaçons dans le contexte d'une chambre d'hôtel évaluée par les usagers.

Ces questions sont considérées dans la phase d'aide à la conception d'environnements lumineux de notre projet de recherche et sont présentées dans le chapitre 6 de ce manuscrit.

## **CHAPITRE 6**

### **Evaluation d'environnements lumineux par les usagers de chambres d'hôtel en SIMULATION**

#### **Conception du dispositif expérimental**

## **1. Introduction**

L'étude sur la contribution de l'éclairage à la satisfaction client a consisté à solliciter les usagers en contexte hôtelier afin qu'ils expriment leur représentation du confort durant leur séjour à l'hôtel. La lumière et ses composantes ont été identifiées spontanément comme des éléments importants contribuant à leur satisfaction durant leur séjour. De plus, six situations de vie ont été identifiées et définies en fonction des attentes différentes en termes d'environnements lumineux. Il s'agit maintenant d'identifier spécifiquement les paramètres<sup>18</sup> pertinents de l'éclairage à prendre en considération dans la conception d'environnements lumineux adaptés aux attentes et besoins des usagers. Comme nous l'avons mentionné dans la revue de la littérature présentée dans les premiers chapitres de ce manuscrit, les paramètres de l'éclairage influençant l'évaluation d'un environnement ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche. Cependant, nous souhaitons souligner que la contribution des diverses modalités<sup>19</sup> définissant les paramètres de l'éclairage à l'évaluation d'environnements lumineux n'est pas universelle. Des effets positifs et négatifs d'une même modalité sont recensés dans la littérature (chapitre 3). La diversité des méthodologies employées ne permet pas la comparaison des résultats entre eux pour pouvoir conclure sur l'influence ou non du paramètre considéré sur le jugement d'appréciation. De plus, le secteur de l'hôtellerie n'a été que très peu étudié en ce sens (cf. chapitre 3 et 5). Il est donc nécessaire de s'interroger en termes de démarche à suivre dans différents contextes plutôt qu'en termes de modèle de perception.

Ainsi, les objectifs de la phase 2 de ce programme de recherche visent à proposer une méthode permettant de sélectionner le ou les paramètres de l'éclairage pertinents pour une chambre d'hôtel. De plus, nous pourrions mieux comprendre la perception des environnements lumineux par les usagers d'une chambre d'hôtel en situation réelle.

Afin d'atteindre un niveau de connaissances plus général, l'étude des paramètres de l'éclairage influençant l'évaluation des usagers nécessite d'abord le choix des paramètres et la sélection des modalités à faire varier dans notre programme de recherche. Nous proposons de sélectionner des paramètres de l'éclairage sur la base des préférences des usagers. Pour ce faire, différents types de paramètres de l'environnement lumineux ont été investigués : des paramètres esthétiques et des paramètres photométriques.

Concernant la sélection des paramètres esthétiques, peu d'études y sont spécifiquement consacrées. Rowland *et al.* (Rowlands, Loe, McIntosh, & Mansfield, 1985) ont montré que l'apparence d'un

---

<sup>18</sup> Nous entendons par paramètre la propriété de l'éclairage qui ne peut prendre qu'une seule valeur à la fois (couleur, la forme, quantité de lumière...).

<sup>19</sup> Nous entendons par modalités la valeur effective que possède le paramètre de l'éclairage (jaune, grand, faible...).



luminaire n'est pas importante à la perception d'un environnement lumineux, alors que Bernecker *et al.* (Bernecker & Mier, 1985) ont montré que le fait d'avoir un élément clair sur le luminaire pouvait influencer la luminosité perçue. Cependant, les auteurs ne précisent pas une quelconque influence de l'apparence du luminaire sur les préférences des observateurs. Dans notre cas, la déclinaison des paramètres esthétiques de l'environnement lumineux en différentes modalités vise à identifier quel(s) paramètre(s) influence(nt) l'appréciation de l'environnement lumineux dans une chambre d'hôtel. Nous avons considéré quatre paramètres esthétiques, les modalités étudiées sont présentées entre parenthèse:

- le type de luminaire (luminaire sur pied, applique murale carrée, applique murale conique, plaque lumineuse),
- la taille de l'abat-jour (large, standard, longue),
- la position de l'abat-jour (basse, centrale, haute),
- la couleur de l'abat-jour (opaque, diffusant, noir)

Quant aux paramètres photométriques, contrairement aux paramètres esthétiques, de nombreuses études leur sont dédiées. De la même façon, nous cherchons à identifier le(s) paramètre(s) ayant une influence sur l'appréciation de l'apparence générale d'une chambre d'hôtel. Plusieurs paramètres photométriques de l'environnement lumineux ont été étudiés, déclinés en différentes modalités:

- l'orientation du flux lumineux (direct, indirect, mixte avec un abat-jour opaque, mixte avec un abat-jour diffusant),
- la température de couleur d'un luminaire en applique murale (2700, 3000, 3700, 4200 K)
- la température de couleur d'un luminaire sur pied (2700, 3000, 4200 K),
- la quantité de lumière perçue (faible, moyenne, forte)

L'ensemble de ces modalités ont été soumises au jugement d'appréciation des observateurs.

Parallèlement, nous étudions les différences d'appréciations possibles relativement aux caractéristiques individuelles des observateurs<sup>20</sup> interrogés. Nous considérons les caractéristiques habituellement étudiées dans la littérature telles que le genre et l'âge, ainsi que celles permettant de décrire le profil de la clientèle, telles que la fréquence de fréquentation des hôtels en général, la fréquentation des hôtels de la marque Mercure, le type de clientèle (cf. le questionnaire en annexe A7b.). L'influence de la situation imaginée être vécue sur l'appréciation de la mise en lumière de la

---

<sup>20</sup> Dans cette phase, le sujet interrogé est désigné en tant qu'observateur. Bien que l'étude se soit déroulée *in situ*, le contexte dans lequel les individus ont été interrogés est de nature immersive, il n'y a pas d'interaction entre l'individu et son environnement.

chambre d'hôtel a également étudiée. Nous considérons les situations d'arrivée dans la chambre et une situation de détente, telle que regarder un film à la télévision.

D'un point de vue méthodologique, la sélection en amont de la conception des paramètres de l'éclairage à étudier, nécessite de s'interroger sur le dispositif expérimental à utiliser.

D'une part, une diversité de dispositifs expérimentaux est disponible: en maquette, en situation virtuelle, en situation réelle. Une revue de littérature inscrite en introduction de l'article présenté ci-après, a permis de dresser le bilan des différents dispositifs expérimentaux déjà utilisés dans le domaine de l'éclairage en précisant leurs avantages et leurs inconvénients. Aujourd'hui, la qualité de rendu des images modélisées bi ou tridimensionnelles est équivalente à celle des photographies de scènes réelles et offre la possibilité d'étudier à moindre coût et dans des temps courts une quantité infinie de paramètres sans la nécessité de concevoir l'environnement réellement, contrairement à un dispositif basé sur des maquettes ou des photographies.

Ainsi, notre choix du dispositif expérimental adapté à l'étude des paramètres de l'éclairage influençant le jugement d'appréciation d'un environnement, porte sur l'utilisation d'un dispositif basé sur la modélisation d'images tridimensionnelles générées en deux dimensions par ordinateur<sup>21</sup>. Le développement de la technologie et l'augmentation considérable des performances des logiciels de simulation (Devlin, 2002) ont permis l'apparition de nombreuses études en réalité virtuelle, avec un degré d'immersion variable. De nombreux architectes et chercheurs en psychologie environnementale utilisent ce mode de représentations des environnements lumineux au détriment des maquettes et des photographies (Dutre, Bala, & Bekaert, 2006). L'usage d'un tel dispositif a fait l'objet de nombreux travaux dans le domaine de l'éclairage (Ochoa, Aries, & Hensen, 2010) et a notamment été validé par l'équipe de recherche de l'ENTPE (Villa & Labayrade, 2012). Selon les auteurs, les études réalisées à l'aide d'un tel dispositif et celles réalisées en situation réelle conduisent à des résultats similaires. Cependant, le contexte de l'hôtellerie a très peu été étudié. A notre connaissance, une seule étude récente a fait l'usage d'un tel dispositif expérimental (N. Park, *et al.*, 2010). Les auteurs ont présenté les scénarios d'éclairage d'une chambre d'hôtel simulée en utilisant les logiciels AutoCad 2008, 3D Max et V-Ray pour modéliser les variations en éclairage. Les images bidimensionnelles représentaient des environnements lumineux en trois dimensions. Dans notre cas, le dispositif expérimental de la phase conceptuelle a utilisé les mêmes logiciels que ceux utilisés par Park, la différence se fait dans la projection des images. Dans notre cas, le système portatif est installé *in situ* dans le lobby de l'hôtel où l'étude est menée et les images sont présentées

---

<sup>21</sup> Les images ont été modélisées par les infographistes de l'ENTPE, Thierry SOREZE et Cyrille MOURET.

sur un ordinateur 20 pouces et non dans un laboratoire obscur, où les images sont projetées en grandeur réelle.

D'autre part, diverses procédures permettent le recueil et la formulation de jugements d'appréciation pour un environnement lumineux. L'usage d'échelles sémantiques différentielles et la comparaison deux à deux d'environnements lumineux pour accéder aux préférences, sont des approches qui ont largement été documentées (cf. pour revue Fotios & Houser, 2009; Tiller & Rea, 1992). Dans la continuité du chapitre 2 de ce manuscrit, une analyse critique des modes de réponses utilisés dans la littérature a été réalisée afin de justifier les choix méthodologiques effectués dans la construction du mode de notre programme de recherche. Nos choix ont été faits conformément au contexte d'étude dans lequel nous nous plaçons. Le respect de contraintes du secteur de l'hôtellerie implique de pouvoir répondre au questionnaire dans une durée la plus courte possible conformément aux recommandations inscrites dans la littérature en Management de l'hôtellerie (Barsky & Huxley, 1992). De plus, le fait d'interroger la clientèle de l'hôtel signifie recueillir le jugement d'appréciation d'un panel d'observateurs naïfs, c'est-à-dire non entraînés et non familiers au domaine de l'éclairage. Dans notre cas, 103 clients (67% hommes, moyenne d'âge  $\pm$  SD :  $43 \pm 12,4$  ans) ont alors été sollicités sur une période de 20 minutes pour répondre à un questionnaire auto administré. Pour ce faire, les observateurs étaient installés à un poste d'ordinateur, dans le bar de l'hôtel, un espace calme, isolé, ne bénéficiant d'aucun apport de lumière naturelle (Figure 17). Le questionnaire a été construit et présenté via le logiciel FIZZ acquisition<sup>22</sup>. Il consistait à présenter les différents environnements lumineux par série. Dans un premier temps, les observateurs devaient de manière générale choisir parmi les environnements lumineux d'une même série celui qu'ils aimaient le plus et celui qu'ils aimaient le moins. Dans un deuxième temps, l'observateur devait s'imaginer être dans une situation particulière (Arrivée ou Détente), et choisir parmi une série d'environnements lumineux celui qu'ils appréciaient le plus. Le contexte dans lequel le sujet devait se placer pour évaluer les environnements lumineux était explicité par écrit, au préalable. Pour la situation d'arrivée, les sujets devaient imaginer qu'il était 20 heures et qu'ils découvraient la chambre pour la première fois ; pour la situation de détente, les sujets devaient imaginer qu'ils regardaient un film à la télévision ; pour la situation dans la salle de bains, les sujets devaient imaginer qu'ils se regardaient dans le miroir. De ce point de vue, l'étude a été placée dans un contexte de nature immersive dans le sens où la situation dans laquelle le sujet doit se placer pour évaluer la situation lui a été précisée (Köster, 2009). Par contre, le dispositif expérimental lui, ne l'est pas, du fait de la taille réduite de l'écran sur lequel les images sont présentées.

---

<sup>22</sup> <http://www.biosystemes.fr/fizz.php>

L'analyse des données de préférences a été faite grâce aux logiciels de traitements statistiques Fizz traitement et XlStat.



*Figure 17 : Dispositif expérimental de la phase de conception.  
Un client de l'hôtel est en train de répondre au questionnaire informatisé, installé au bar de l'hôtel.*

D'un point de vue applicatif, le contexte d'étude choisi est le concept de la nouvelle chambre d'hôtel de la marque Mercure (Accor). Nous avons choisi d'investiguer uniquement la chambre d'hôtel Mercure car nous considérons qu'il est essentiel de nous placer en contexte réel et ce d'autant que nous avons accès à la clientèle directement impliquée, portant un intérêt particulier à la conception de chambres d'hôtel adaptées.

De plus, tous les environnements lumineux de ce projet de recherche ont été déclinés selon un même design de chambre, seuls les paramètres relatifs à l'éclairage sont variables. En effet, le lieu et le design influencent le jugement d'appréciation des usagers. Slatter *et al.* (Slatter & Whitfield, 1977) ont notamment montré l'influence du design d'un lieu sur l'acceptabilité de celui-ci par les usagers et plus récemment Küller (Küller, *et al.*, 2009) a comparé le jugement d'appréciation exprimé par un panel d'observateurs pour des environnements très peu colorés et des environnements très colorés. Les jugements d'appréciation étaient meilleurs pour des environnements riches en couleur. Ainsi, afin de s'affranchir de l'effet du lieu sur les jugements d'appréciation de l'environnement lumineux, nous investiguerons le même design de chambre d'hôtel dans laquelle seuls les paramètres de l'éclairage sont variables, toute chose étant égale par ailleurs (espace, furniture, tapisserie...).

Cette deuxième phase de recherche a donc deux finalités, la première est la conception du dispositif expérimental en situation réelle, par la sélection des paramètres de l'éclairage qui y seront étudiés, la seconde, d'ordre plus fondamental, est de comprendre les paramètres qui influencent la perception des individus interrogés relativement à des environnements virtuels.

Les paragraphes suivant sont dédiés à :

- l'étude de l'influence des paramètres de l'éclairage à l'évaluation d'un environnement lumineux,
- l'étude de l'influence des caractéristiques individuelles sur les préférences.

## **2. Les paramètres influençant l'évaluation d'un environnement lumineux** **(Article 2)**

*In Journal of Environmental Psychology*

# Lighting quality assessment in hotel rooms: results of on-site image-based analysis by a panel of observers

Fernandez P., Fontoynt M., Soreze T., Giboreau A.

## Abstract

Although lighting is today a central question in the hospitality industry, the difficulty is to provide luminous environments adapted to customer expectations. This study presents results of a campaign of tests involving 103 customers of a hotel in the city centre of Lyon, France. Thirty nine lighting schemes were proposed based on a preliminary field study. Lamp design, lamp position, luminous power and colour of light were varied. For each lighting scheme, a calibrated computer-generated image was produced and presented individually to each observer. Observers had to express their preference between sets of lighting schemes varying in aesthetic, photometric and situational parameters. Large, bright, wall-mounted fixtures with light lamp shades were preferred. Bright scenarios were preferred when entering the room. For a leisure situation, two populations were identified, one preferring low brightness and low colour temperature, the other a high brightness and higher colour temperatures. The study allows the formulation of some recommendations in terms of luminous environments for designing new hotel rooms adapted to the customer expectations. However, the context in which the luminous environment is perceived has to be considered in order to provide the most adapted environment. Further studies are needed to validate these results in the real context of a hotel room and identify possible characteristics of the population of each of the two groups identified for the quality assessment related to the leisure situation.

## Highlight

- We studied preferences of luminous environments using computer-generated images
- Various lighting parameters and activities experienced were investigated
- Large, bright, wall-mounted fixtures with light lamp shades were preferred
- The preferences were different regarding the activity experienced

**Keywords:** preference of lighting environment, user centred approach, rendered images, hotels rooms

## 1. Introduction

Electric lighting and daylighting contribute to our perception of the indoor environment. They impact not only on the brightness of the scene, the contrast, the shadows, but also, on colour, glare, and more generally, on the way we perceive the objects and surfaces around us. In a previous study (Fernandez, Giboreau, & Fontoynt, 2012), a campaign was launched to assess aspects related to light in the global perception of comfort in hotel rooms. Seventeen customers were interviewed and invited to express their expectations of a stay in a hotel. The lexical analysis of the interviews identified key terms and priorities. Lighting quality was always addressed, mostly in general terms (brightness, design, daylight and view) but also with more elaborate descriptions (colour of light, functionality, access to controls). This suggests the existence of significant customer expectations regarding lighting and highlight relevant clues to design a comfortable environment based on customer expectations. Among them, the importance of the situation experienced by customers, because the expectations regarding luminous environment change accordingly. In this follow-up study, the objective was to explore lighting schemes which would be appropriate regarding comfort criteria from the customers' point of view and identify possible solutions able to respond to their expectations.

## 2. Review of possible methods for exploring and rating lighting schemes

Various methodologies have been developed and are currently used concerning the exploration, and rating of stimuli in the domain of our senses. In the field of lighting, the challenge is to place the observers in a scene, and provide a way to have him/her rate either in an absolute manner, or in a comparative way, various configurations which are presented. Such a protocol is largely used in the exploration of office lighting schemes to improve for instance the performance of employees in an office context (Baron, Rea, & Daniels, 1992; Boyce, *et al.*, 2006; Veitch, 2001; Veitch & Newsham, 1998), the well-being of individuals during private or public travels (Delepaut, 2007; Narçon, 2001), the feeling of safety in relation to outdoor lighting (Boyce, Eklund, Hamilton, & Bruno, 2000) the consumer purchasing behaviour in retail store (Bellizzi & Hite, 1992; Custers, de Kort, IJsselstein, & de Kruiff, 2010).

Due to the high number of possible applications, the methodologies used are diversified and often lead to controversial results. Needs have also been formulated for the design of a broadly applicable process based on consumers perception in order to study lighting

perception (Veitch, Hine, & Gifford, 1993). The aim of our study was to provide an efficient methodology in order to better understand the impact of the luminous environment of hotel rooms on consumer preferences and to contribute to a better comfort during their stay. We propose first an overview of available methods that are used in research on environmental preference in the field of lighting-quality assessment.

### **2.1. Full-size mock-ups**

Growing concerns for lighting quality during the seventies, mainly in the work environment, led to the development of techniques by which lighting quality ought to be quantified, following an 'hierarchy' (Lau, 1972). The first step in simulating the real environment was a full-size mock-up involving participants evaluating spaces lit in different ways (Boyce, Eklund, & Simpson, 2000; Loe, Mansfield, & Rowlands, 2000). The robustness of the process is high; however two aspects are essential. All elements of the indoor environment should be realistic, if not totally real, and, more difficult, the conditions of judgment should be in accordance with the psychological conditions of the observers, which are also intended to be simulated. For instance, testing lighting conditions for the working environment requires observers to actually work. Such studies are expensive. They require the construction of a real environment, for each scene, and lighting scheme. Consequently, the costs of these studies are often equivalent or higher than the ones associated with a new real building. This approach is satisfactory for absolute rating of stimuli, judging the appropriateness of a lighting scheme in relation to a specific activity. However, it becomes rapidly complex if design or type of lamps has to be changed significantly between schemes. In our study, this would for instance require the construction of many hotel rooms, with the same furnishing, but with various proposals of lighting equipment. Since the lighting schemes at this level of reflection are still hypothetical, this approach was not selected.

### **2.2. Use of reduced-scale model.**

Use of reduced-scale models is an attractive alternative, since illuminance and luminances are quantities that are independent of scale (when using a scale model of a room in daylight), or can simply be related to the quantities of luminous flux entering the scale model (luminous flux in a scale model should be the luminous flux in reality multiplied by the square of the scale (Fontoynt, 1987)). For this reason, various studies were conducted where observers were invited to look inside a scale model and express their preferences. For instance, preferred combinations between illuminance and colour temperature in several settings for



daily living activities were studied using mock-up as a experimental device (Oi, Kasao, & Takahashi, 2007). Reduced scale seems to enhance the quality of the object or building interior represented, but this device is depreciated because of known problems (Lau, 1972). Perfect replicas of lighting components are very difficult to produce except at great cost and the use of a miniature lamp does not provide the same relative performance characteristics. Regarding physiological and psychophysical aspects, observers could be confronted with an accommodation problem, which might distort their judgments. Finally, from a psychological point of view, if the scale of model is too small, there may be insufficient detail to provide an illusion of reality, and if the scale is too large, the observer could consider the scale model as a “small” full-size room (Lau, 1972). For those reasons, the methodology used in this study is not based on reduced scale model.

### **2.3. Use of high-definition images**

High-definition images have been used to judge lighting quality in spaces (Enrech Xena & Fontoynt, 1999), but this requires that they are displayed using a light-emitting system (video projector, slide projector, luminous table) since paper print has a too restricted dynamic range of luminances. Such a process allows observers to classify scenes according to specific questions. The major limitation is related to the poorly immersive process, unless a very large screen is used, and the limitation in the dynamics of luminances, with luminances limited to few hundreds of  $\text{cd/m}^2$ .

In all cases, images could be either real photographs or computer-generated images. Real photographs bring us back to previous sections with the need to build real rooms or scale models. The use of computer-generated images provides other options. The ultimate aim of realistic graphics is the creation of images that provoke the same response and sensation as a viewer would have to a real scene, i.e. the images are physically or perceptually accurate when compared with reality (Devlin, 2002). Computer simulations of environments are now indispensable tools for professions such as architects, landscape planners and environmental researchers. Two main functions are: communication of design and planning impacts (Bishop & Hull, 1991; Clipson, 1993; Sheppard & Sheppard, 1989); and research into human perception of the environment (Newsham, Seetzen, Veitch, Chaudhuri, & Whitehead, 2002). The objective of simulations is to provide a coherent and physically correct image of a scene. The important challenge is to give the material appearance with respect to the light, in relation to its spatial and spectral optical properties (Maamari, 2004). Multiple rendering techniques, algorithms and dedicated software are available to create photorealistic rendered images

(Dutre, Bala, & Bekaert, 2006). Today, images obtained by simulation can reach a quality equivalent to photography of real scenes (Bishop & Rohrmann, 2003). Such images can be used to create stimuli for visual quality experiments (Ochoa, Aries, & Hensen, 2010). Previous studies have compared rendered images of several places produced by different rendering engines against photograph of these same places (Čadík, Wimmer, Neumann, & Artusi, 2008; Drago & Myszkowski, 2001). In these studies, realism of images produced by different rendering engines has been compared by a panel of observers with high-quality photographs of real scenes. Specific rendering algorithms have been identified, leading to the same perception of the luminous environment as on high-quality pictures (Maamari, 2004). The use of high-definition computer-generated images also offers high flexibility in the choice of luminaires or indoor equipment and furniture. This is the major advantage, related to the use of computer-generated images to explore and compare lighting schemes. For this reason, we selected such a process to generate the stimuli required for our study. This process will allow the exploration of a rather high number of lighting schemes, for one single hotel room configuration. However, the question of the collection of the judgment of the observers regarding the lighting schemes is still open.

#### **2.4. Selection of a process to assess judgment by observers**

In lighting research, questionnaires, rating scales and magnitude estimation techniques have all been used in attempts to relate physical parameters to subjective responses (Flynn, Hendrick, Spencer, & Martyniuk, 1979; Tiller & Rea, 1992; Vogels, 2008). A large fraction of these studies concerned judgement of existing scenarios, based on surveys. However, few studies give recommendations on how to measure preferences using a large number of realistic settings.

In the hospitality industry, studies focusing on the measure of customer satisfaction are frequently too general or too ad hoc to ensure relevant, reliable and valid measurements for tracking the guests' quality perceptions (Gundersen, Heide, & Olsson, 1996). Although these surveys considered a global approach to guest satisfaction, the most notable study only considered the length of the questionnaire, and recommended a length of ten items (Barsky & Huxley, 1992). Practitioners committed to customer satisfaction still experience difficulties when trying to implement total customer satisfaction programmes. Comments cards, satisfaction surveys and systematic registration of customer compliments and complaints are examples of instruments that practitioners use in their effort to track customer satisfaction (Barsky & Huxley, 1992; Gundersen, *et al.*, 1996). However, this information is of dubious

value in terms of accurately representing an establishment's clientele. The study is typically conducted with insufficient consideration of the panel profile or their motivation for participating (Barsky & Huxley, 1992). Moreover, the efforts frequently suffer from low response rates, and more importantly, the information yielded is often insufficient for providing actionable feedback to managers.

However, we chose a methodology that is a process to record on site, preferences of the hotel customers who agreed to participate in this study during their stay, to whom we presented high-quality computer-generated images of various options of lighting schemes. This choice was made for several reasons. Observers were hotel customers to guarantee that they would feel concerned by the issue of lighting quality in hotel rooms (Heide & Grønhaug, 2009). Secondly, because customers visiting a specific hotel chain have their own expectations of a stay, they are directly interviewed in order to highlight their preference (Giboreau & Body, 2007).

To go deeper into the perceived definition of luminous environment, subjective scaling is a widely used technique in measuring the properties environments (Rea, 1982), for example such attributes as the spaciousness of rooms (Flynn, 1977). The semantic differential scales consists of a set of bipolar rating scales with more or less seven categories. The ends of each individual rating scale are defined by polar opposite adjectives (e.g. good-bad, large-small, spacious-cramped, hazy-clear etc.). People are asked to rate a variety of environmental attributes using each response scale. These ratings supposedly provide a characterisation of the quality and intensity of attributes along the dimensions rated (Tiller & Rea, 1992). A factor analysis was used to group scales that had been used in the same way by members of a respondent group. However, the semantic differential method requires that all persons use the same scales provided by the experimenter, forcing respondents to use the same scales, which can mask inter-individual difference (Pennartz & Elsinga, 1990). The second limitation with current semantic differential scaling practice involves the words that define the ends of the bipolar rating scales. On one hand, solutions to avoid comprehension bias are to use a clear and consensual definition of each response dimension. This will help to ensure that every subject will always use a given scale in the same way to rate the same features of the different stimuli. On the other hand, global rating scale is more recently used (Lemoine, 2002). This methodology avoids an analytical assessment of the environment and ensures a global evaluation, according to the model of users' perception (Delepaut, 2007).

As a consequence of this literature review, the methodology used is based on open questions regarding a global assessment. The observers interviewed were not familiar with the specific

vocabulary governing the description of luminous schemes, so the semantic rating scale methodology was not used. We also based this study on the choice for preferred schemes from the observers' point of view. The proposed process was to present sequences of calibrated images on a computer screen, in the hotel lobby. Questions were asked, relevant to sequences of images, and observers could select the scenes freely. 3D lighting schemes of the room were therefore shown in 2D onto a LCD system, and presented to the subject thanks to a handheld system.

### **3. Material and Methods**

#### **3.1. Production of stimuli**

##### **3.1.1. 3D Simulation of hotel rooms, and production of calibrated images**

The images were rendered in 2D, after 3D modelling by trained graphic designers, in the Laboratory of Building Sciences, at the Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat. The images were processed through a V-Ray rendering engine (<http://chaosgroup.com/en/2/VRay.html>). V-Ray implements major algorithms for light transport simulation and rendered images creation. Moreover, V-Ray provides a robust material editing system that enables accurate material definition and supports a light source definition module that allows the user to specify physical data such as flux, colour temperature, light distribution. We set up reflectance coefficients, transmittance coefficients, colour, and additional surface properties, such as roughness, highlights, and the BRDF's (Bidirectional Reflectance Distribution Functions). Yet, the energy balance is sound when light interferes with materials to guarantee a high degree of fidelity. Light modelling in V-Ray can be done by using several methodologies depending on what you want to simulate. It is possible to specify a photometric file or to model the light source geometry. So besides the luminaire shape's modelling the light bulb itself was modelled, specifying fluxes in lumens, colour temperatures, light distribution.

The rendering step consisted in setting up V-Ray parameters to calculate the light propagation and generate rendered images. This involved the choice of the rendering algorithms and the fine-tuning of the various input parameters. Light cache and irradiance caching were chosen as rendering algorithms because of their reliability and speed. They had been tested at ENTPE (Villa & Labayrade, 2012). We used a generic linear tone mapping operator featured inside V-Ray. Tone mapping operators are mathematical operators that scale the luminance stored in

the calculated data to generate the rendered image since display systems cannot deal with high luminance (Devlin, Chalmers, Wilkie, & Purgathofer, 2002).

### 3.1.2. Description of images

The hotel room used for our experimentation used a design developed by ACCOR, a major international hotel group (Figure 1). It had two wall-mounted lamps in headboard with a white diffusing shade, two reading lamps, a linear lamp before the curtain of the window, a wall lamp above the reading corner, a lamp in the unit bar, and lighting in the lobby.



Figure 1: Modelling the hotel room from its entrance

The only variable parameters in our study were the light-related parameters; lamp design, power output, colour. The study was defined into three parts; one aimed at studying the influence of aesthetics parameters on global preferences of luminous environment, the second allowed the study of the influence of physical parameters on global preferences. The final part aimed at studying the influence of the activity commonly practiced in a hotel room, on the assessment of luminous environments.

Thirty nine images representing the same hotel room were rendered and grouped into several sets. Each set was the declination of a luminous parameter in three or four modalities. Four aesthetic parameters (kind of luminaire, shape, position and colour of lampshade) and two physical parameters (distribution of the luminous flux, colour temperature of light in the room) were studied. Regarding the last sets, the images were produced in relation to typical situations which were identified in the former study (Fernandez *et al.*, 2011 in press). Situation 1 (arrival in the room) four images of lighting scenarios were modelled by varying the kind, location and number of lamps lit. Situation 2 (leisure), the subject imagined he/she was watching TV. Four lighting schemes were modelled by varying the colour temperature and the quantity of light in the bedside lamps and the linear lamps before the curtain of the

window. Television is modelled on. The table below summarises the modalities studied regarding the parameters. Images are listed in the appendix.

**Table 1: Modalities rendered in our study to produce stimuli**

SET	PARAMETER	MODALITY			
Aesthetic parameters	Kind of lamp	Footed Bedside lamp	Conical wall-mounted	Square wall-mounted	Plate wall-mounted
	Shape of lamp	Wide shape	Standard shape	Longer shape	
	Position of lamp	Low position	Middle position	High position	
	Colour of lampshade	Opaque lampshade	Black lampshade	Diffuse lampshade	
Physical parameters	Colour temperature of wall-mounted lamp	2700 K	3000 K	3700K	4200 K
	Colour temperature of bedside lamp	2700 K	3000 K	4200 K	
	Luminous flux orientation	Direct	Indirect	Direct-Indirect	Mixed
Situational parameters	Arrival	Footed bedside lamp mixed light	Wall-mounted lamp on bedside direct light	Wall-mounted lamp on bedside mixed light	Wall-mounted lamp direct light
	Leisure	Curtain lighting only	Curtain lighting Warm White Dimmest light	Curtain lighting Warm White Dim light	Curtain lighting Neutral White Bright light

It should be noted that a previous study (Fernandez *et al.*, 2011 in press) identified six fundamental situations. However, only two of them have to be studied in depth. Three main reasons were listed. First, the situation when all the lights were on and the situation when all the lights were off do not require to be considered, because there are no more possibilities of lighting scenarios. The lights must be turned on or turned off. The second concerned the situation of sleepiness, the possible lighting schemes which could be studied, are characterised by to low a luminous flux to be rendered. Finally, the situation of work cannot be investigated through the experimental device we used. The users have to be in an immersive luminous situation to judge whether conditions are suitable to work. Comfort conditions in a work situation are in the range of functionality (no shade, sufficient amount of light) that cannot be studied in a virtual non-immersive situation, in comparison with a



situation of leisure where comfort criteria are in the range of aesthetics (Newsham, Cetegen, Veitch, & Whitehead, 2010).

### **3.2. Observation and rating process**

#### **3.2.1. Observers**

For this study, 103 customers of a Mercure hotel (Accor group) were interviewed. The population was 67% of men. The average age was 43 years ( $\pm 12.4$ ); the most part of the population interviewed had no concept in lighting (83%); few of them said they were somehow familiar with the field of lighting for their professional activity (17%); for their self interest (7%), and for other reasons not mentioned (5%). Among the costumers, 68% were in the hotel on a business trip, 66% were alone. All participants were French native and self reported normal or corrected-to-normal vision.

#### **3.2.2. Procedure**

The recruitment of the customers was made during the check-in phase at the hotel reception, between 17:00 and 21:00. The hardware equipment to manage the image display, the computerised questionnaire and the recording of input by observers was installed in the hotel bar, in a quiet location, close to the reception. The display unit dimensions were 20 inches in diagonal. The questionnaire was self-administered. Subjects were first invited to choose the preferred and the discarded luminous environment modelled in images, by answering the same two questions for all series: *Which room do I like the most?* - *Which room do I like the least?* Every subject rated each room once. Then, as an instruction, observers had to imagine experiencing the hotel room during a specific activity mentioned above, when they assessed the two last sets of luminous schemes. In the situation of arrival, they had to imagine themselves entering their hotel room for the first time at 8:00. During the situation of leisure, they had to imagine watching a movie on television. Subjects chose their preferred lighting scheme among several images depending on the sets answering the question: *Which room do I like the most?*

#### **3.2.3. Input data processing**

For each set, the frequency of the preferred and discarded scheme was expressed in percentage. The percentages were ranked, in order to transform raw data into ranking values. The higher the ranking is, the better the appreciation. The ranking went from 1 to 3, when the set was composed by 3 modalities or from 1 to 4 when the set was composed of 4 modalities.

To determine whether a lighting modality had been perceived differently from the other ones and whether the differences could be regarded as significant, a Friedman Test was used. Statistical analyses were performed using XLSTAT Version 2009.4.02

#### 4. Results

The figure summarises the customer ranking of the lighting scenarios, assessed parameters by parameters. The higher the ranking is, the better the appreciation.

##### 4.1. Aesthetics parameters (Sets 1, 2, 3 and 4)

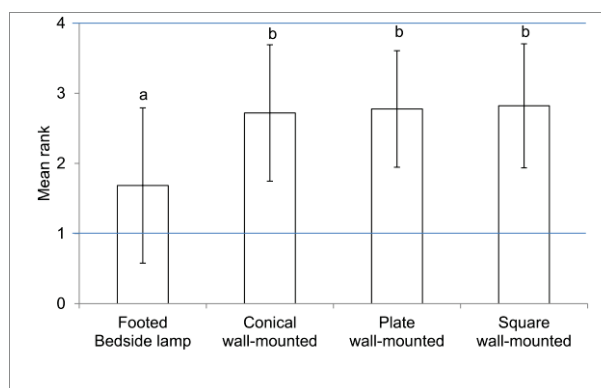


Figure 2: Influence of the kind of lamp on preference of lighting scenarios  
Friedmann test, mean rankings characterised by the same letter are not significantly different ( $\alpha = 0.01$ )

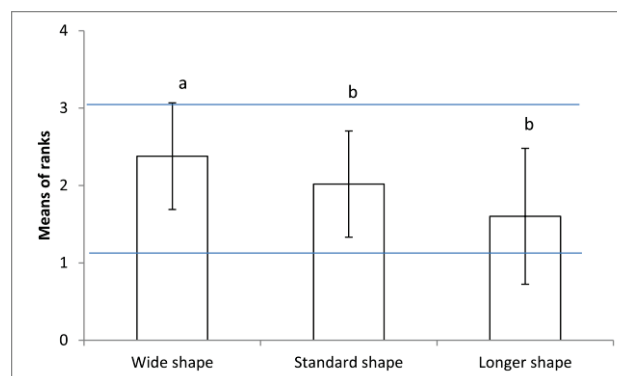
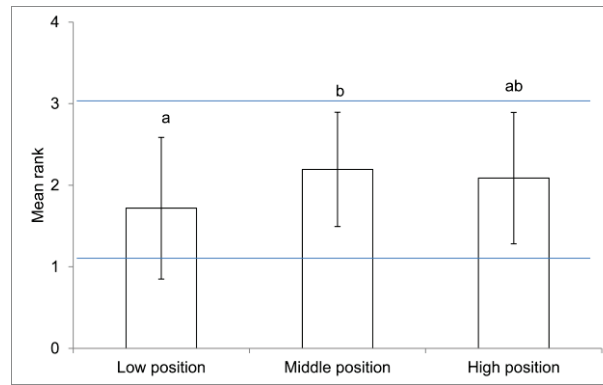
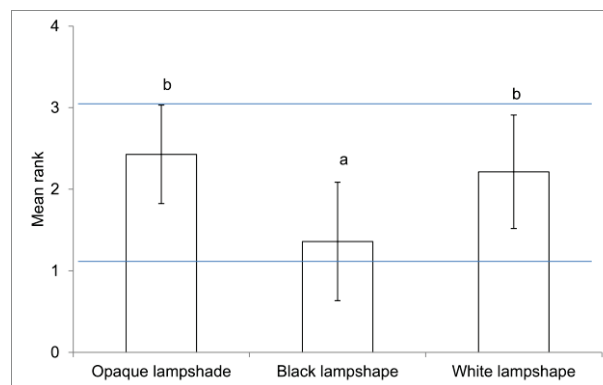


Figure 3: Influence of the shape of the lamp on preference of lighting scenarios.  
Friedmann test, mean rankings characterised by the same letter are not significantly different ( $\alpha = 0.01$ )





**Figure 4: Influence of the position of the lamp on preference of lighting scenarios.**  
Friedmann test, mean rankings characterised by the same letter are not significantly different ( $\alpha = 0.01$ )



**Figure 5: Influence of the colour of lampshade on preference of lighting scenarios.**  
Friedmann test, mean rankings characterised by the same letter are not significantly different ( $\alpha = 0.01$ )

As can be seen in figure 2, the kind of lamp influences the preference for lighting scenario [ $F= 61.25$ ,  $p<0.001$ , ( $\alpha=0.01$ )] . Scenario with a footed bedside lamp were less appreciated than the scenarios with a wall-mounted lamp, whatever the design of the wall-mounted lamp, it was significantly preferred (mean  $\pm$ SD: bedside=1.68 $\pm$ 1.1; conical=2.72  $\pm$ 1, square=2.82  $\pm$ 0.8, plate=2.77  $\pm$ 0.8). Although the same quantity of light was modelled, the scenario with a bedside lamp was perceived as dimmer than the other one. This difference of perception of rendered images, due to the lamp-shade material modelled, could explain the results in the set. Regarding the shape of the lamp (Figure 3), this aesthetical parameter influences the appreciation of the lighting environment [ $(F=31.13$ ,  $p<0,001$ , ( $\alpha=0.01$ )]]. The scenario with the wide-shaped lamp was preferred (mean  $\pm$ SD: wide=2.38  $\pm$ 0.69). The scenario with the longer shape was the least appreciated (mean  $\pm$ SD: long=1.6  $\pm$ 0.9). The standard-shaped lamp was more appreciated than the longer one; however, it was less appreciated than the smaller one (mean  $\pm$ SD: standard=2.02  $\pm$ 0.69).

The position of the lamp on the wall (Figure 4) was an aesthetical parameter that influenced the appreciation of the lighting environment [ $(F= 12.83$ ,  $p=0.002$ , ( $\alpha=0.01$ )]]. The scenario

with the low position was the most disliked scenario (mean  $\pm$ SD: low=1.72  $\pm$ 0.89). The scenario described by a lamp in the middle position was preferred (mean  $\pm$ SD: middle=2.2  $\pm$ 0.7). The lamp in the higher position on the wall was as much appreciated as the lamp in the lower position and as the lamp in the higher position. (mean  $\pm$ SD: high=2.09  $\pm$ 0.8).

The colour of the lamp shade (Figure 5) influenced the appreciation of lighting environment too [(F = 65.79,  $p < 0.001$ , ( $\alpha = 0.01$ )). The scenario with the black lamp-shade was the least appreciated scenario (mean  $\pm$ SD: black=1.36  $\pm$ 0.73). The scenario with the clearest lampshade was preferred (mean  $\pm$ SD: white=2.21  $\pm$ 0.69, opaque=2.43  $\pm$ 0.6).

#### 4.2. Photometric parameters (Sets 5, 6 and 7)

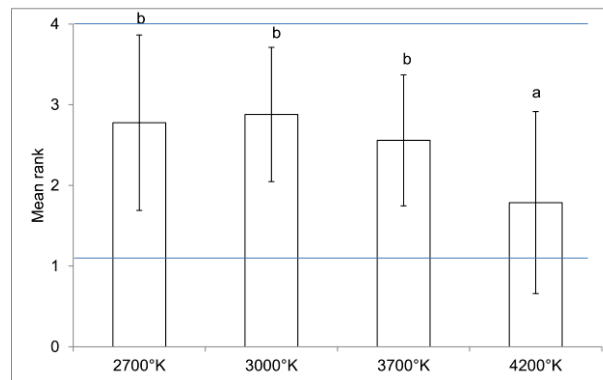


Figure 6: Influence of the colour temperature of the source based on wall-mounted lamp on preference. Friedmann test, mean rankings characterised by the same letter are not significantly different ( $\alpha = 0.01$ )

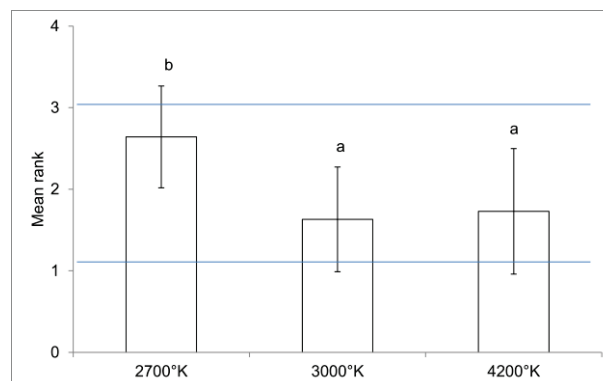
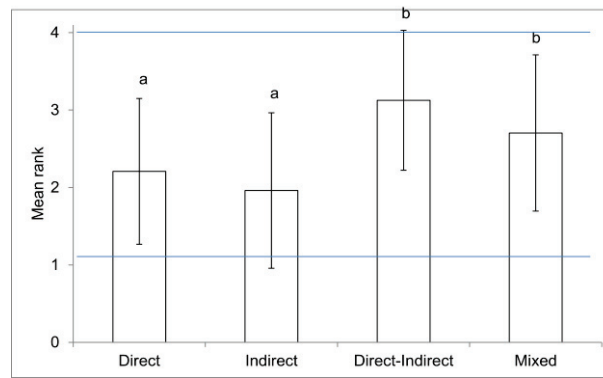


Figure 7: Influence of the colour temperature of the source based on bedside lamp on preference of lighting scenarios. Friedmann test, mean rankings characterised by the same letter are not significantly different ( $\alpha = 0.01$ )



**Figure 8: Influence of the direction of flux on preference of lighting scenarios.**  
Friedmann test, mean rankings characterised by the same letter are not significantly different ( $\alpha = 0.01$ )

Regarding the colour temperature of the light (figure 6 and 7), this photometric parameter influenced the appreciation of the environment, whatever the kind of lamp ( $F_{\text{mounted lamp}}=50.30$ ,  $p<0.0001$ , ( $\alpha=0.01$ );  $F_{\text{bedside lamp}}=63.92$ ,  $p<0.0001$ , ( $\alpha=0.01$ )). Considering the scenarios design with a wall-mounted lamp (figure 6), the colder light was less appreciated than the warmer (mean  $\pm$ SD: 4200 K=1.79  $\pm$ 1.1; 2700 K=2.78  $\pm$ 0.8; 3000 K=1.13  $\pm$ 2.9; 3700 K=2.56  $\pm$ 0.8). Regarding the bedside lamps scenarios (figure 7), the colder light was less appreciated than the warmer (mean  $\pm$ SD: 3000 K=1.6  $\pm$ 0.6, 4200 K=1.72  $\pm$ 0.8; 2700 K=2.64  $\pm$ 0.6).

Finally, figure 8 shown that the orientation of the luminous flux influenced the preference of lighting scenarios ( $F= 55.54$ ,  $p<0.0001$ , ( $\alpha=0.01$ )). The direct-indirect orientation of flux was the most preferred scenario (mean  $\pm$ SD: Direct-indirect=3.12  $\pm$ 0.9). The indirect orientation was the less appreciated (mean  $\pm$ SD: Indirect=1.96  $\pm$ 1). The mixed flux orientations seemed to be more preferred than the others.

#### 4.3. Role of contextual situation

For the situation of arrival (table 2), most of the customers interviewed (80.6%) chose the brightest image. All the lights were on in the room in comparison with the other studied environments. There was a difference between the rankings assigned for the different lighting schemes studied ( $F=171.05$ ,  $p<0.0001$ , ( $\alpha=0.01$ )); the ranking of the brightest scenario was higher than the three other (Bonferroni test). This scenario was also preferred.

**Table 2: Influence of the situation of arrival on preference of lighting scenarios.**

**Multiple comparison test. Bonferroni test. The higher the mean of ranking is, the better the appreciation is. Means that do not share a common subscript differ significantly ( $p < 0.01$ )**

Parameters	Mean rank
Footed bedside lamp	2.155 (a)
Wall--mounted lamp on bed side direct light	2.194 (a)
Wall--mounted lamp on bed side mixed light	3.612 (b)
Wall-- mounted lamp direct light	2.039 (a)

For the leisure situation, 47 subjects, (45% of the sample interviewed) chose the warmest and most dimmed image against 41 subjects (39%) who chose the coldest and the brightest. There was a significant difference between the ranking data ( $F = 60.4$ ,  $p < 0.0001$ , ( $\alpha = 0.01$ )). The highest ranking was assigned to the warmest and dimmest scenario and the coldest and brightest scenario, respectively. These scenarios were preferred compared with the other.

**Table 3: Influence of the leisure situation on preference of lighting scenarios.**

**Multiple comparison test. Bonferroni test. The higher the mean of ranking is, the better the appreciation is. Means that do not share a common subscript differ significantly ( $p < 0.01$ )**

Parameters	Mean rank
Curtain lighting only	2.05 (a)
Curtain lighting Warm White Dimmest light	2.97 (b)
Curtain lighting Warm White Dim light	2.19 (a)
Curtain lighting Neutral White Bright light	2.78 (b)

## 5. Discussion

The aim of this study was to identify the relevant parameters contributing to the positive or negative appreciation of a hotel room. Based on the results, the consensus in customer preference allows us to make recommendations in terms of luminous environment of new hotel rooms, based on the customer's point of view. Aesthetic parameters such as the shape of the lamps or some photometric parameters such as the colour temperature and the distribution of light have to be taken into account for further new design because preferences were clearly stated. However, the results we found could be discussed.

### **5.1. Display of computer-generated images**

The process to produce the images on the screen was rather well calibrated with respect to photometric fidelity. But the display process had not been subject to a careful calibration when used in the lobby. Brightness in the lobby was moderate enough to limit the influence of the general lighting of the area surrounding the display terminal. This concerns colour adaptation and adaption to luminances. But settings were constant throughout the experimentation, and this should not have introduced a significant bias in the ranking of preferences.

### **5.2. Situations influence preferences**

We found that judgment was modified when observers were asked to imagine themselves in different situations. This required of the observers an ability to project themselves into conditions which are not the ones experienced during the experiment. This ability had to be proven and checked. But other experimentations have clearly found that assessment of lighting adequacy and quality depends on the purpose of the room and the activities to be carried out in it (Lau, 1972). In the context of residential rooms, studies have shown that the preferred combinations of illuminance and colour temperature vary depending on the living activities. Regarding different methodologies used in previous studies, people were asked to judge the lighting atmosphere by imagining being in an empty room (Van Erp, 2008) or furnished (Nakamura & Karasawa, 1999), using of a reduce scale model (Oi & Takahashi, 2007) or in a real situation (Park, Chang, Kim, Jeong, & Choi, 2010), results of each study show an influence of the activity experienced on the preference of lighting atmosphere.

## **6. Conclusions and future work**

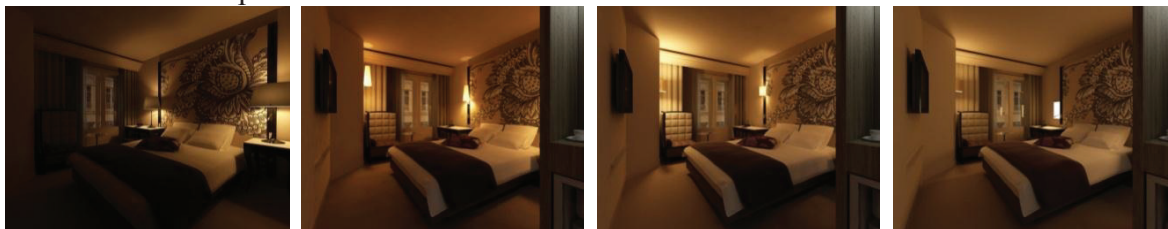
This study was conducted to highlight the perception of the aesthetics and physical components of lighting by customers of hotel rooms. A methodology based on rendered images was used to determine the preference expressed by a panel of observer, regarding several sets of lighting schemes. This approach allows the identification of relevant parameters contributing to the positive or negative appreciation of a hotel room. As a consequence, the results led to a possible narrowing of the specifications of lighting solutions for the hotel rooms developed by ACCOR group for the MERCURE brand. For instance, some lighting schemes seemed to be least preferred. However, this does not prove that the preferred schemes should be installed as they are defined in the stimuli. The scope of our

study was strongly limited by the design options of the client. And this was welcome since we can observe that such an exploration study requires a large number of stimuli. Our study was based on 39 stimuli (computer-generated images), seen by 103 observers. Clearly, such studies can only be handled on rather focused issues. This study should keep its status of “exploratory study”. It is not a procedure to “validate” options. It should be considered as a useful step toward the definition of lighting schemes expected to be preferred by the occupants.

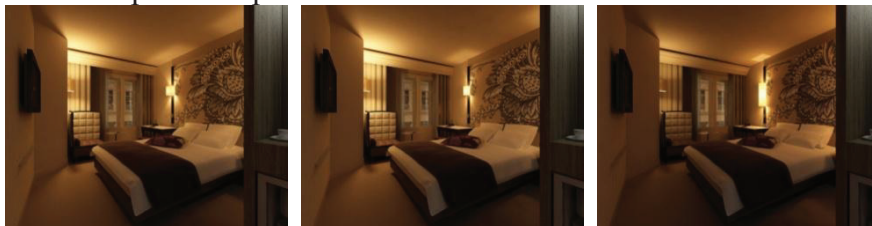
For this reason, the next step of this study, which was conducted in cooperation with the ACCOR group, will consist of a comparison of lighting schemes with full control of each light source in full-size hotel room, but the number of schemes will be reduced according to the results of this study. More generally, our study should be seen as the second phase of a three-test process: 1) field survey of clients, 2) rating of proposals using computer-generated images, 3) test and validation in real environments.

## APPENDIX

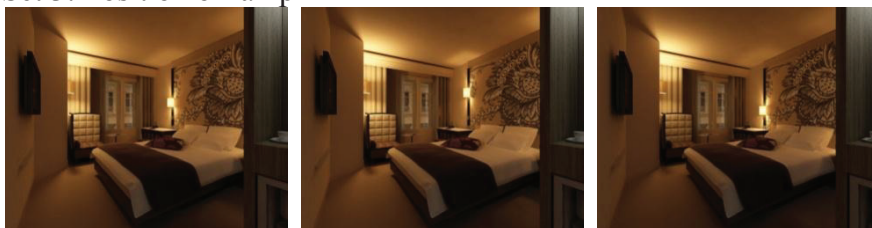
Set 1: Kind of lamp



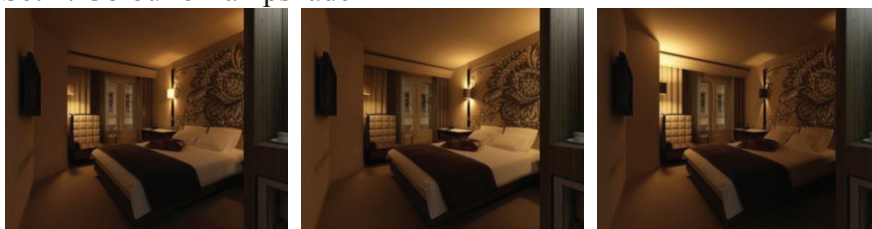
Set 2: Shape of lamp



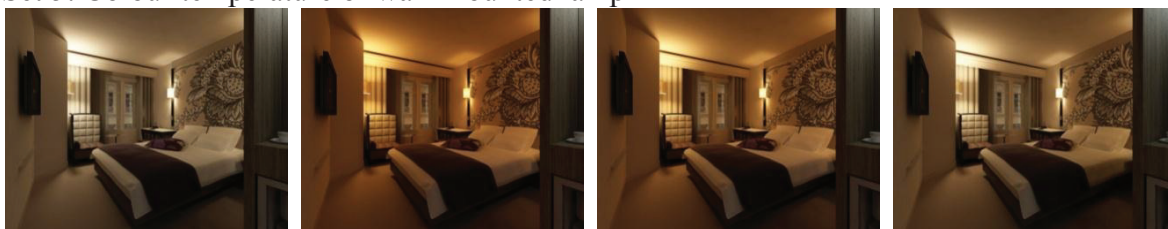
Set 3: Position of lamp



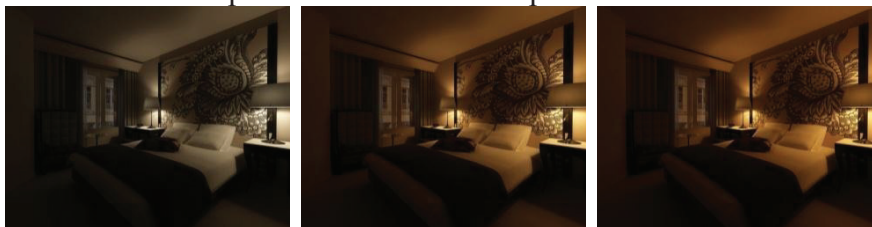
Set 4: Colour of lampshade



Set 5: Colour temperature of wall-mounted lamp

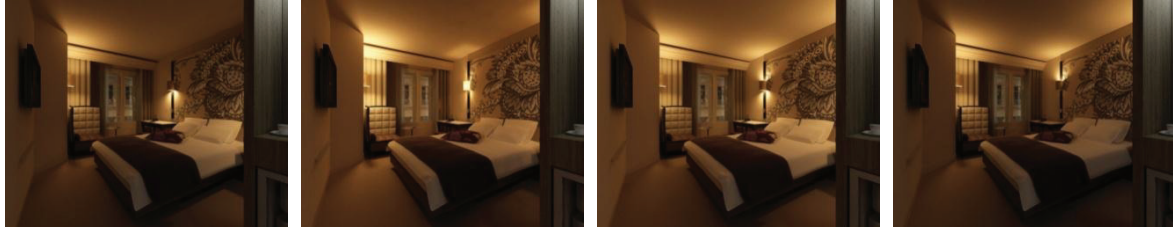


Set 6: Colour temperature of bedside lamp

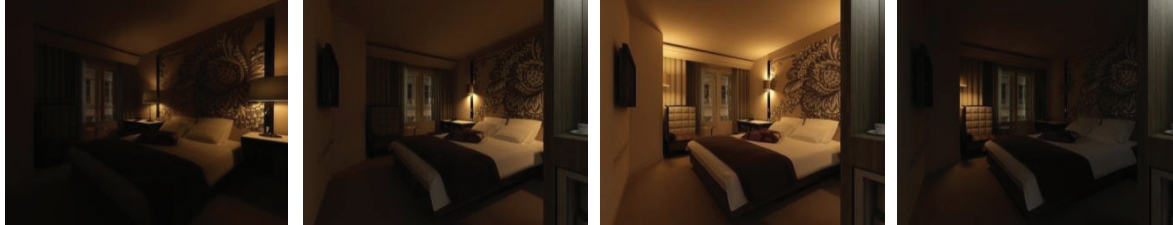




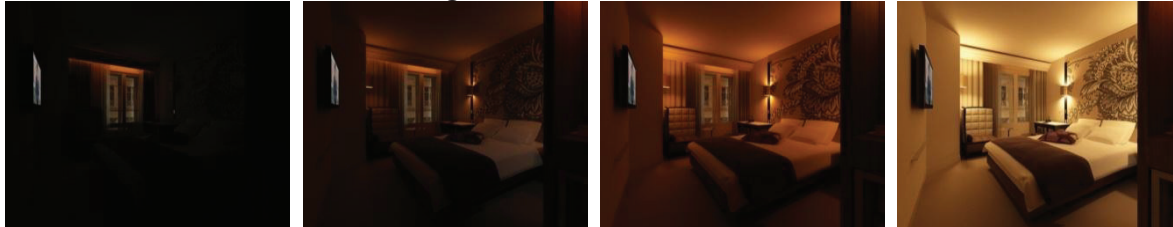
Set 7: Direction of flux



Set 8: Situation of arrival



Set 9: Situation of leisure: watching TV



## Figure captions

Figure 1: Modelling the hotel room from its entrance .....	131
Figure 2: Influence of the kind of lamp on preference of lighting scenarios .....	134
Figure 3: Influence of the shape of the lamp on preference of lighting scenarios. ....	134
Figure 4: Influence of the position of the lamp on preference of lighting scenarios. ....	135
Figure 5: Influence of the colour of lampshade on preference of lighting scenarios. ....	135
Figure 6: Influence of the colour temperature of the source based on wall--mounted lamp on preference. ....	136
Figure 7: Influence of the colour temperature of the source based on bedside lamp on preference of lighting scenarios. ....	136
Figure 8: Influence of the direction of flux on preference of lighting scenarios. ....	137
Table 1: Modalities rendered in our study to produce stimuli .....	132
Table 2: Influence of the situation of arrival on preference of lighting scenarios. ....	138
Table 3: Influence of the leisure situation on preference of lighting scenarios. ....	138



## References

- Baron, R. A., Rea, M. S., & Daniels, S. G. (1992). Effects of indoor lighting (illuminance and spectral distribution) on the performance of cognitive tasks and interpersonal behaviors: The potential mediating role of positive affect. *Motivation and Emotion*, 16, 1-33.
- Barsky, J. D., & Huxley, S. J. (1992). A Customer-Survey Tool. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 33, 18-25.
- Bellizzi, J., & Hite, R. (1992). Environmental color, consumer feelings, and purchase likelihood. *Psychology & Marketing*, 9, 347-363.
- Bishop, I., & Rohrmann, B. (2003). Subjective responses to simulated and real environments: a comparison. *Landscape and Urban Planning*, 65, 261-277.
- Bishop, I. D., & Hull, B. (1991). Integrating technologies for visual resource management. *Journal of Environmental Management*, 32, 295-312.
- Boyce, P., Eklund, N., & Simpson, S. (2000). Individual lighting control: Task performance, mood, and illuminance. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 29, 131-142.
- Boyce, P. R., Eklund, N. H., Hamilton, B. J., & Bruno, L. D. (2000). Perceptions of safety at night in different lighting conditions. *Lighting Research and Technology*, 32, 79-91.
- Boyce, P. R., Veitch, J. A., Newsham, G. R., Jones, C. C., Heerwagen, J., Myer, M., et al. (2006). Lighting quality and office work: two field simulation experiments. *Lighting Research and Technology*, 38, 191-223.
- Čadík, M., Wimmer, M., Neumann, L., & Artusi, A. (2008). Evaluation of HDR tone mapping methods using essential perceptual attributes. *Computers & Graphics*, 32, 330-349.
- Clipson, C. (1993). Simulation for planning and design: A review of strategy and technique. *Environmental simulation research and policy issues*, 23-60.
- Custers, P., de Kort, Y., IJsselsteijn, W., & de Kruiff, M. (2010). Lighting in retail environments: Atmosphere perception in the real world. *Lighting Research and Technology*, 42, 331.
- Delepaut, G. (2007). *Contribution de la linguistique cognitive à l'identification du confort: analyse des discours des passagers sur le confort en train*. Université Paris VI, Paris, France.
- Devlin, K. (2002). A review of tone reproduction techniques. *Computer Science, University of Bristol, Tech. Rep. CSTR-02-005*.
- Devlin, K., Chalmers, A., Wilkie, A., & Purgathofer, W. (2002). Tone reproduction and physically based spectral rendering. *Eurographics 2002: State of the Art Reports*, 101-123.

- Drago, F., & Myszkowski, K. (2001). Validation proposal for global illumination and rendering techniques. *Computers & Graphics*, 25, 511–518.
- Dutre, P., Bala, K., & Bekaert, P. (2006). *Advanced global illumination* (2e edition ed.) Wellesley : AK Peters, Ltd.
- Enrech Xena, C., & Fontoynont, M. (1999). *Simulation de la lumière naturelle par des sources artificielles: enjeux architecturaux*. Université de Nantes, Nantes, France.
- Fernandez, P., Giboreau, A., & Fontoynont, M. (2012). Contribution of lighting to the customer's comfort in hotel rooms: results of a field study. *Psychology & Marketing - Under Review*.
- Flynn, J. (1977). Study of subjective responses to low energy and non uniform lighting systems. *Lighting Design and Application: LD and A*, 7, 6-15.
- Flynn, J., Hendrick, C., Spencer, T., & Martyniuk, O. (1979). A guide to methodology procedures for measuring subjective impressions in lighting. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 8, 95-120.
- Fontoynont, M. (1987). *Prise en compte du rayonnement solaire dans l'éclairage naturel de locaux: méthode et perspectives*. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris, France.
- Giboreau, A., & Body, L. (2007). *Le marketing sensoriel: de la stratégie à la mise en œuvre*. Paris : Vuibert.
- Gundersen, M. G., Heide, M., & Olsson, U. H. (1996). Hotel Guest Satisfaction among Business Travelers. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 37, 72-81.
- Heide, M., & Grønhaug, K. (2009). Key Factors in Guests' Perception of Hotel Atmosphere. *Cornell Hospitality Quarterly*, 50, 29-43.
- Lau, J. J. H. (1972). Use of scale models for appraising lighting quality. *Lighting Research and Technology*, 4, 254-262.
- Lemoine, J. F. (2002). Perception de l'atmosphère du point de vente et réactions comportementales et émotionnelles du consommateur. In *5ème colloque Etienne THIL*.
- Loe, D. L., Mansfield, K. P., & Rowlands, E. (2000). A step in quantifying the appearance of a lit scene. *Lighting Research and Technology*, 32, 213-222.
- Maamari, F. (2004). *Simulation numérique de l'éclairage, limites et potentialités*. INSA de Lyon, Lyon, France.
- Nakamura, H., & Karasawa, Y. (1999). Relationship between illuminance/color temperature and preference of atmosphere. *Journal of Light & Visual Environment*, 23, 1-1.

- Narçon, S. (2001). *Caractérisation des perceptions thermiques en régime transitoire contribution à l'étude de l'influence des interactions sensorielles sur le confort*. Ecole Pratique des Hautes Etude, Paris, France.
- Newsham, G. R., Cetegen, D., Veitch, J., & Whitehead, L. (2010). Comparing lighting quality evaluations of real scenes with those from high dynamic range and conventional images. *ACM Transactions on Applied Perception*, 7, 1-25.
- Newsham, G. R., Seetzen, H., Veitch, J. A., Chaudhuri, A., & Whitehead, L. A. (2002). Lighting quality evaluations using images on a high dynamic range display. In *Proceedings of the ARCC/EAAE Conference on Architectural Research* (pp. 1-9). Montréal.
- Ochoa, C. E., Aries, M. B. C., & Hensen, J. L. M. (2010). Current perspectives on lighting simulation for building science. In *IBPSA-NVL 2010 Event*. eindhoven.
- Oi, N., Kasao, M., & Takahashi, H. (2007). The Preference of the Indoor Illuminance and Color Temperature: Scale Model Experiment Assuming Daily Activity. *Journal of Environmental Engineering*, 87-92.
- Oi, N., & Takahashi, H. (2007). Preferred combinations between illuminance and color temperature in several settings for daily living activities. in: *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Symposium on Design of Artificial Environments*, 2007, pp.214–215
- Park, B.-C., Chang, J.-H., Kim, Y.-S., Jeong, J.-W., & Choi, A.-S. (2010). A Study on the Subjective Response for Corrected Colour Temperature Conditions in a Specific Space. *Indoor and Built Environment*, 19, 623-637.
- Pennartz, P. J. J., & Elsinga, M. G. (1990). Adults, Adolescents, And Architects. Differences in perception of the urban environment. *Environment and Behavior*, 22, 675-714.
- Rea, M. (1982). Calibration of subjective scaling responses. *Lighting Research and Technology*, 14, 121.
- Sheppard, S. R. J., & Sheppard, S. (1989). *Visual simulation: A user's guide for architects, engineers, and planners*: Van Nostrand Reinhold.
- Tiller, D. K., & Rea, M. S. (1992). Semantic differential scaling: Prospects in lighting research. *Lighting Research and Technology*, 24, 43-51.
- Van Erp, T. (2008). The effects of lighting characteristics on atmosphere perception. *Unpublished Master thesis for the Master's degree program Human Technology Interaction, department of Eindhoven University of Technology*. Available online: <http://alexandria.tue.nl/extra2/afstversl/tm/Erp, 202008>.
- Veitch, J. A. (2001). Psychological processes influencing lighting quality. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 30, 124-140.
- Veitch, J. A., Hine, D. W., & Gifford, R. (1993). End-users' knowledge, beliefs and preferences for lighting. *Journal of Interior Design*, 19, 15-26.

- Veitch, J. A., & Newsham, G. R. (1998). Lighting quality and energy-efficiency effects on task performance, mood, health, satisfaction, and comfort. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 27, 107-129.
- Villa, C., & Labayrade, R. (2012). Multi-objective optimisation of lighting installations taking into account user preferences – a pilot study. *Lighting Research and Technology*, Under Press.
- Vogels, I. (2008). Atmospheric Metrics: Development of a tool to quantify experienced atmosphere. *Probing Experiences: From Assessment of User Emotions and Behavior to Development of Products*. Dordrecht: Springer. pp. 25-41.

En résumé, les résultats issus de cette étude nous ont permis d'identifier les paramètres esthétiques et photométriques de l'environnement lumineux d'une chambre d'hôtel qui influençaient le jugement d'appréciation de 103 clients d'hôtel. L'ensemble de ces paramètres a été décliné en modalités. Les résultats de cette étude ont montré que certaines modalités ont entraîné une préférence de la part des observateurs pour l'environnement testé, d'autres ont entraîné un rejet. Le tableau 9 synthétise les résultats obtenus.

Tableau 9 : Les préférences d'apparence des environnements lumineux en fonction des modalités par paramètres esthétiques, physiques et situationnels.

Type de paramètres	Paramètres	Modalités <u>la plus appréciée</u>	Modalité <u>la moins appréciée</u>
Esthétiques	Type de luminaire	Applique conique Applique carrée Plaque lumineuse	Sur pied
	Forme du luminaire	Large Standard	Longue
	Position du luminaire	Centrale	Basse
	Couleur de l'abat-jour	Opaque Diffusante	Noire
Physiques	Température de couleur issue de l'applique murale	2700 K 3000 K 3700 K	4200 K
	Température de couleur issue du luminaire sur pied	2700 K	3000 K 4200 K
	Orientation du flux lumineux	Mixte (applique opaque) Mixte (applique diffusante)	Direct Indirect
Situationnels	Arrivée	Eclairage mixte du flux de l'applique murale	- Eclairage du luminaire sur pied - Eclairage direct du flux de l'applique murale de chevet - Lumière direct du flux de l'applique murale face au lit
	Détente	- Eclairage à faible quantité de lumière, teinte chaude - Eclairage à forte quantité de lumière, teinte chaude	- Eclairage périphérique très faible, teinte chaude - Eclairage à quantité de lumière moyenne, teinte chaude

Le seul paramètre ayant entraîné une préférence est la température de couleur du luminaire sur pied. En effet, la température de couleur à 2700 K est la seule modalité pour laquelle les observateurs ont exprimé une préférence significative parmi les autres modalités de la série. Inversement, les séries des paramètres tels que le type de luminaire, la couleur de l'abat-jour et la température de couleur pour le luminaire carré ont montré des modalités entraînant un rejet de la part des observateurs. La lampe de chevet sur pied, la couleur noire de l'abat-jour, la température de couleur à 4200 K étaient les modalités les moins appréciées. Les autres modalités n'ont pas induit de

préférence, elles ont autant été appréciées des observateurs interrogés, que rejetées. C'est le cas par exemple du paramètre type de luminaire où les modalités telles que l'applique conique, l'applique carrée ou la plaque lumineuse ont été autant appréciées par l'ensemble des observateurs. Par contre, la position intermédiaire de l'applique murale n'a pas été significativement préférée par les observateurs, ni rejetée.

Ces résultats ont permis de proposer des pistes de recommandations en termes de paramètres esthétiques (type, forme et couleur des luminaires) et physiques (température de couleur) basées sur le jugement des clients.

Cette étude a également révélé des différences de préférence en fonction de la situation étudiée (Situation Détente *versus* situation Arrivée dans la chambre). En effet, pour la situation Détente, 50 % des clients interrogés ont préféré des environnements à faible quantité de lumière, lorsqu'ils imaginaient regarder un film à la télévision, les autres sujets ont mentionné préférer des environnements lumineux à forte quantité de lumière. Concernant la situation Arrivée, 81% des sujets ont montré une préférence pour le scénario d'éclairage avec la plus forte quantité de lumière. Ces résultats ont donc montré différents profils de préférences en fonction de la situation imaginée. Compte tenu de ces résultats et de notre intérêt à considérer la situation d'usage comme paramètre influençant le jugement d'appréciation, nous pensons intéressant de nous concentrer sur l'influence de la quantité de lumière et de la température de couleur pour la suite de notre travail.

Les sections suivantes de ce chapitre cherchent alors à décrire les observateurs en fonction de leur profil de réponses. Est-il possible d'identifier des groupes des sujets ayant des préférences différentes parmi le panel d'observateurs interrogés, et si oui, les caractéristiques inter-individuelles qui les définissent, peuvent-elles expliquer les différences de préférences ?

### **3. Les différences inter-individuelles dans l'évaluation des environnements lumineux**

Une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)<sup>23</sup> a été effectuée sur l'ensemble des données de préférence des sujets, quels que soient la modalité et le paramètre testés. Par regroupement

---

<sup>23</sup> Une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) est un outil statistique qui permet de regrouper des individus ayant un comportement similaire sur un ensemble de variables. Le regroupement se fait donc *a posteriori*, en agrégeant 2 à 2 les individus aux comportements les plus proches.

progressif, la CAH nous a permis d'identifier *a posteriori*, deux groupes de sujets dont les jugements diffèrent. Le groupe 1 est composé de 12 sujets et le deuxième groupe est composé de 91 sujets. Par principe, il existe un consensus à l'intérieur des deux groupes. Afin de repérer les divergences inter-groupe, les données de préférence de chacun des deux groupes ont été comparées au regard des paramètres étudiés de l'éclairage. Il s'agira ensuite de caractériser *a posteriori* chacun des deux groupes sur la base des caractéristiques socio démographiques collectées.

### 3.1. Comparaison des préférences des groupes d'observateurs

La comparaison des préférences des deux groupes a été effectuée par le test statistique sur données non paramétriques, le test de Friedman. En effet, les données brutes ont été transformées en données de rang. Plus le rang est grand, meilleure est l'appréciation. Les résultats sont présentés dans le Tableau 10 ci-dessous.

Le type et la dimension du luminaire ont été les paramètres dont les modalités ont été appréciées différemment entre les groupes. Pour le groupe 1, la lampe de chevet (SUR PIED) a été significativement préférée par rapport aux modalités de la série, les deux modalités CARRE et CONIQUE étant significativement les moins appréciées. En effet, les moyennes de rang (CARRE= 2 ; CONIQUE= 2) sont significativement différentes de celles de la lampe de chevet sur pied (SUR PIED = 3,5). A l'inverse, le groupe 2 a rejeté la lampe de chevet sur pied.

Pour le groupe 1, concernant la forme du luminaire, la forme longue (LONGUE=2,8) est préférée contrairement à la forme standard (STANDARD=1,3), la modalité la moins appréciée. La moyenne de rang affectée à la forme allongée est significativement différente de la moyenne des rangs affectée à la forme standard. Cette préférence n'est pas partagée par le groupe 2. Au contraire, les sujets ont préféré les formes large et standard du luminaire (LARGE=2,4 et STANDARD=2,1) contrairement à la forme longue (LONG= 1,5). Pour les autres paramètres (la position, la couleur de l'applique murale, la température de couleur et l'orientation du flux), le groupe 1 n'a pas exprimé de différence significative de préférence entre les modalités, contrairement au groupe 2. Le profil de réponses du groupe 2 est similaire à celui observé pour l'ensemble des individus (cf. Analyse globale du classement dans l'article 2).

Tableau 10 : Préférences par paramètre.

Le Rang 1 est affecté à l'image préférée. Test de Friedman. La différence entre modalités reliées par une même lettre n'est pas significative  $p < 0,05$

TYPE DE PARAMÈTRES	PARAMÈTRES	MODALITES	GROUPE 1 (N=12)		GROUPE 2 (N=91)	
			Moyenne des rangs	Groupes	Moyenne des rangs	Groupes
ESTHÉTIQUES	Forme du luminaire	SUR PIED	3,5	b	1,4	a
		CONE	2	a	2,8	b
		CARRÉ	2	a	2,9	b
		PLAQUES	2,5	ab	2,8	b
	Forme du luminaire	LARGE	1,9	ab	2,4	b
		STANDARD	1,3	a	2,1	b
		LONGUE	2,8	b	1,5	a
	Position du luminaire	BASSE	2,3	a	1,6	a
		CENTRALE	1,8	a	2,2	b
		HAUTE	1,9	a	2,1	b
	Couleur du luminaire	OPAQUE	2	a	2,5	b
		NOIRE	2,3	a	1,2	a
		DIFFUSE	1,7	a	2,3	b
PHYSIQUES	Température de couleur (Applique murale)	2700	3	a	2,7	b
		3000	2,8	a	2,9	b
		3700	2,5	a	2,6	b
		4200	1,8	a	1,8	a
	Température de couleur (Luminaire sur pied)	4200-CHP	2	a	2,7	b
		2700-CHP	1,8	a	1,6	a
		3000-CHP	2,2	a	1,7	a
	Orientation du flux	DIRECT	3,1	a	2,1	a
		INDIRECT	3,1	a	1,8	a
		MIXTE - OPAQUE	2	a	3,3	ab
		MIXTE - DIFFUS	1,8	a	2,8	ab

Autrement dit, alors que les préférences du groupe 2 étaient similaires aux préférences obtenues avec l'ensemble des observateurs, le groupe 1 se distingue car pour la majorité des jugements, ceux-ci ne présentent aucune préférence. On notera cependant une différence de jugement pour des paramètres esthétiques tels que la forme ou la dimension du luminaire. Il semblerait alors que ce groupe de sujets ait été moins sensible aux variations de l'environnement lumineux contrairement aux observateurs appartenant au groupe 2 qui exprimaient une préférence pour tous les paramètres étudiés.

En résumé, deux groupes de sujets ont été identifiés sur la base de leurs différences en termes de préférences. Nous pouvons alors nous demander sur quel(s) critère(s) se fondent les différences. Les données personnelles caractérisant les deux groupes ont fait l'objet d'une comparaison. L'objectif est de voir si les différences interindividuelles peuvent expliquer les différences de préférences.



### 3.2. Caractérisation des groupes d'observateurs

Afin de caractériser les deux groupes identifiés par la CAH, nous avons comparé les caractéristiques individuelles des usagers qui composent chacun des groupes (cf. Tableau 11). Pour les données qualitatives relatives à la fréquentation des hôtels en général et des hôtels Mercure, au type de séjour, au genre des clients, le tableau renseigne l'effectif des clients par catégorie. La moyenne d'âge ( $M \pm SD$ ) est renseignée par groupe. Les comparaisons ont été faites sur la base des données qualitatives (Fréquentation d'hôtels, d'hôtel Mercure, type de séjour, genre) et quantitatives (âge).

Tableau 11 : Caractérisation des groupes de sujets identifiés par la CAH.  
Effectifs des clients par catégorie et moyenne d'âge ( $M \pm SD$ )

	Effectif	Fréquentation d'hôtels			Fréquentation de Mercure			Type de Séjour		Genre		Age ( $M \pm SD$ )
		Habitué	Occasionnel	Rare	Habitué	Occasionnel	Rare	Loisir	Professionnel	Femme	Homme	
<b>Groupe 1</b>	12	3	8	1	1	9	2	3	9	3	9	39,5 $\pm$ 12,1
<b>Groupe 2</b>	91	11	74	6	2	65	24	26	65	31	60	43,5 $\pm$ 12,3

Un test du  $\chi^2$  permet de comparer les distributions des effectifs pour chacune des caractéristiques individuelles collectées (Tableau 12) ci-dessous.

Tableau 12 : Comparaison des variables sociodémographiques décrivant les deux groupes identifiés.  
Test du  $\chi^2$  d'indépendance.

	Fréquentation d'hôtels	Fréquentation de Mercure	Type de Séjour	Genre	Age
<b><math>\chi^2</math> (Valeur observée)</b>	1,634	1,785	0,067	0,394	6,070
<b>DDL</b>	2	2	1	1	6
<b>p-value</b>	0,442	0,444	0,796	0,530	0,415

Lorsque l'on compare les distributions de chacune des caractéristiques individuelles relevées entre elles, celles-ci ne sont pas significativement différentes les unes des autres ( $\alpha=0,05$ ). La répartition des clients en deux groupes ne peut pas s'expliquer par les variables sociodémographiques recueillies durant l'étude. A noter que l'effet de l'âge a été calculé à partir des sept tranches d'âge dans lesquelles les observateurs interrogés se sont répartis ( $>20$  ans ;  $[20-29$  ans] ;  $[30-39$  ans] ;  $[40-49$  ans] ;  $[50-59$  ans] ;  $[60-69$  ans] ;  $[70$  ans  $<]$ ).

En résumé, la Classification Ascendante Hiérarchique a permis de faire apparaître deux groupes d'individus. Les effectifs de ces deux groupes sont très différents : le premier groupe représente 10% de la population interrogée, le deuxième 90%. Chacun est capable d'émettre un jugement consensuel pour évaluer positivement ou négativement les environnements lumineux proposés. Mais le groupe 1 se comporte différemment du groupe 2. Il ne présente aucune préférence pour la majorité des modalités testées. Il semblerait que ce groupe, soit 10% des sujets interrogés, soit moins sensible aux variations des environnements lumineux.

Ces résultats sont comparables à ceux de la littérature. Park *et al.* (B. C. Park, *et al.*, 2010) ont étudié l'influence de la température de couleur (3000 K, 4000 K, 5000 K, 6000 K) sur les préférences d'environnements lumineux en fonction du genre des observateurs. L'étude est menée en laboratoire, sur la base de présentation de photographies. 53 personnes ont été interrogées, soit 22 hommes et 31 femmes. Les auteurs n'ont pas montré de différence d'appréciation en fonction du genre.

Par ailleurs, Oi (Oi, 2005) a étudié la perception d'environnements lumineux en situation virtuelle. Les auteurs ont modélisé 15 scénarios d'éclairage en images bidimensionnelles et projetées sur grand écran (L=3000mm, H=2800mm, l=6300). Les scénarios étaient variables en termes de température de couleur (2800 K, 4500 K, 6500 K), de quantité de lumière (2800 lumen, 3200 lm, 4060 lm, 6000 lm) et de répartition de lumière (périphérique ou centrale). Les auteurs ne renseignent pas le nombre de sujets sollicités dans l'étude, ni la répartition des sujets par tranches d'âge. Cependant, les auteurs ont montré une influence de l'âge des observateurs sur la perception des environnements lumineux. La distribution des réponses sur les 12 échelles sémantiques utilisées pour évaluer les environnements lumineux, variait en fonction des tranches d'âge des observateurs. Cependant, l'auteur a conclu qu'une telle différence ne peut s'expliquer uniquement par une différence de visibilité entre les observateurs et préfère en perspective d'étude, se consacrer à l'étude des habitudes quotidiennes pour expliquer les préférences en termes d'environnements lumineux. Ainsi, afin de mieux comprendre l'influence des caractéristiques individuelles en situation réelle, nous nous attachons pour la phase suivante, à considérer le profil psychologique des usagers interrogés en plus des caractéristiques individuelles habituellement relevées dans la littérature.

Compte tenu de ces résultats, des considérations méthodologiques peuvent être toutefois soulevées quant à l'influence de la formulation de la question sur l'évaluation des environnements lumineux. Des tests complémentaires sont présentés ci-dessous.

#### **4. Discussions méthodologiques : l'influence de la question**

Les résultats présentés sur l'influence des paramètres physiques et situationnels ci-dessus ont été obtenus à partir d'une interprétation des données brutes obtenues par une transformation de celles-ci en données de rang. En effet, pour traiter globalement l'évaluation des scénarios d'éclairage à partir des choix de préférence ou de rejet des observateurs, nous avons accordé le rang le plus haut (3 ou 4 en fonction du nombre d'images par série) à l'image sélectionnée quand le sujet répond à la question : *Quelle image me plaît le plus ?* ; nous accordons le rang le plus bas, en l'occurrence 1, à l'image sélectionnée quand le sujet répond à la question : *Quelle image me plaît le moins ?*. Les images non sélectionnées étaient attribuées au rang intermédiaire. Ainsi, plus le rang moyen occupé par le scénario est grand, meilleure est l'appréciation. Les données collectées par l'intermédiaire de deux questions (l'une positive, l'autre négative) ont donc été transformées en une seule distribution sensée représenter l'évaluation des observateurs pour un scénario.

La transformation des données brutes en rangs offre la possibilité de procéder à une analyse statistique des données par l'usage de tests sur des données non paramétriques. Elle permet d'une part, de quantifier la corrélation entre plusieurs distributions (le coefficient de Kendall) et d'autre part, de tester l'hypothèse selon laquelle les différents échantillons appariés sont issus d'une même population (test de Friedman). Cependant, la transformation de deux groupes de données brutes en un groupe de données de rangs peut être discutable. La manipulation des données pourrait en partie moduler les profils de réponses en masquant certains effets.

Pour illustrer notre propos, nous pouvons évoquer le cas fictif et éventuel qu'un scénario obtienne une moyenne de rang moyenne. Il y a deux interprétations possibles à ce résultat. La première serait que le scénario ne soit ni préféré, ni rejeté par 100% des sujets interrogés. Dans ce cas, le scénario n'est jamais choisi, et il est affecté au rang moyen dans tous les cas. La deuxième interprétation serait que l'évaluation des individus à l'égard de ce scénario soit différente. Dans cette éventualité, 50% des sujets interrogés rejettent le scénario, alors que l'autre moitié préfère ce scénario. Le scénario occupe un rang moyen d'appréciation avec un écart des notes à la moyenne important. C'est le cas classique d'une distribution bimodale. Cependant, il sera impossible de conclure sur l'appréciation du scénario.

Afin d'observer plus précisément les préférences des observateurs interrogés, nous avons considéré indépendamment les choix des individus pour chacune des deux questions posées pour notre expérimentation. La distribution des fréquences de choix effectués par les observateurs interrogés a été analysée à l'aide d'un test du khi<sup>2</sup>. En effet, nous avons comparé la fréquence de choix d'un

scénario perçu comme étant le plus apprécié, à la fréquence de choix de ce même scénario perçu comme étant le moins apprécié

Le graphique ci-dessous (Figure 18) présente la distribution des fréquences de choix pour le paramètre type de lampe pour lesquelles les modalités ont été choisies comme définissant le scénario d'éclairage le plus apprécié (en vert clair) et le moins apprécié (en rouge foncé). La valeur du  $\chi^2$  est telle que les distributions des fréquences de choix sont différentes ( $p < 0,001$ ). Le scénario défini par la lampe de chevet sur pied a significativement été choisi plus fréquemment comme le scénario le moins apprécié. Les autres modalités ne présentent pas de différences significatives entre la distribution des fréquences de choix pour un scénario perçu comme le plus apprécié que comme étant le moins apprécié. Autrement dit, la modalité CONIQUE, a aussi fréquemment été choisie comme étant la plus appréciée que la moins appréciée. Il est en de même pour la modalité CARRE et PLAQUE.

Par conséquent, ces résultats montrent que la lampe de chevet sur pied n'était pas le type de lampe le plus apprécié parmi les trois autres. Aucune autre préférence ne peut être formulée d'après ces résultats.

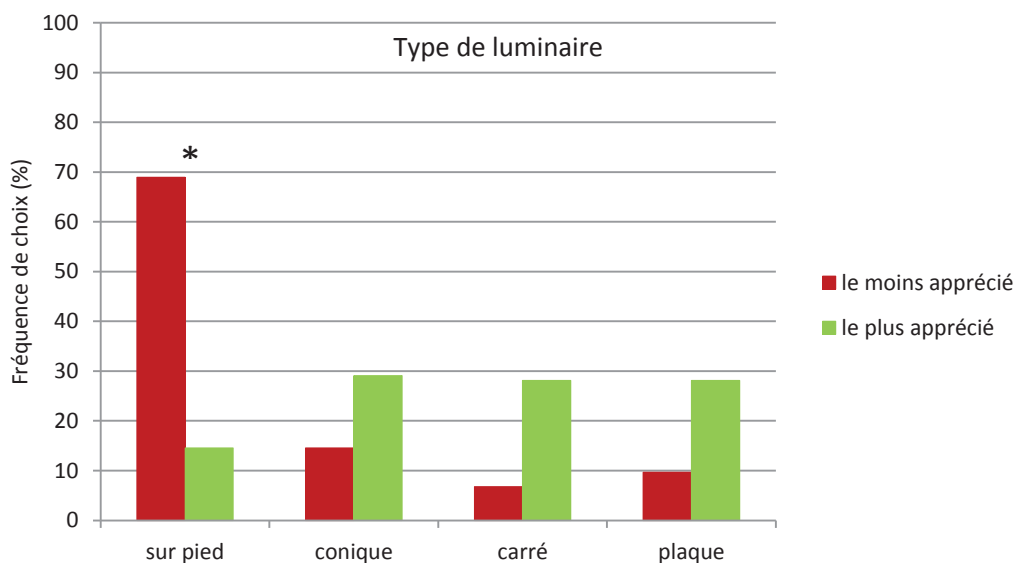


Figure 18 : Influence du type de luminaire sur les préférences des scénarios d'éclairage. Fréquence de choix des scénarios préférés (en vert) et rejetés (en rouge). Les scénarios non choisis sont représentés en gris. Les astérisques représentent visuellement les différences significatives de distribution des fréquences. Test du  $\chi^2$   $p < 0,05$

La Figure 19 représente la distribution des choix concernant la forme du luminaire. La statistique du  $\chi^2$  montre que les distributions sont différentes entre elles ( $p < 0,0001$ ). Le scénario présentant la

forme large a été plus fréquemment choisi comme étant le scénario le plus apprécié, et le moins fréquemment comme celui le moins apprécié. La distribution des choix pour l'une et l'autre des préférences est significativement différente, donc le scénario défini par une forme de luminaire large est préféré. Inversement, au regard des fréquences de choix pour le scénario le plus apprécié et le moins apprécié concernant la forme longue du luminaire, celle-ci a plus fréquemment été choisie comme le scénario le moins apprécié. Par contre, le scénario avec la forme standard du luminaire a été choisi aussi fréquemment comme scénario le plus apprécié que comme scénario le moins apprécié. Nous ne pouvons conclure d'aucune préférence relativement à cette modalité.

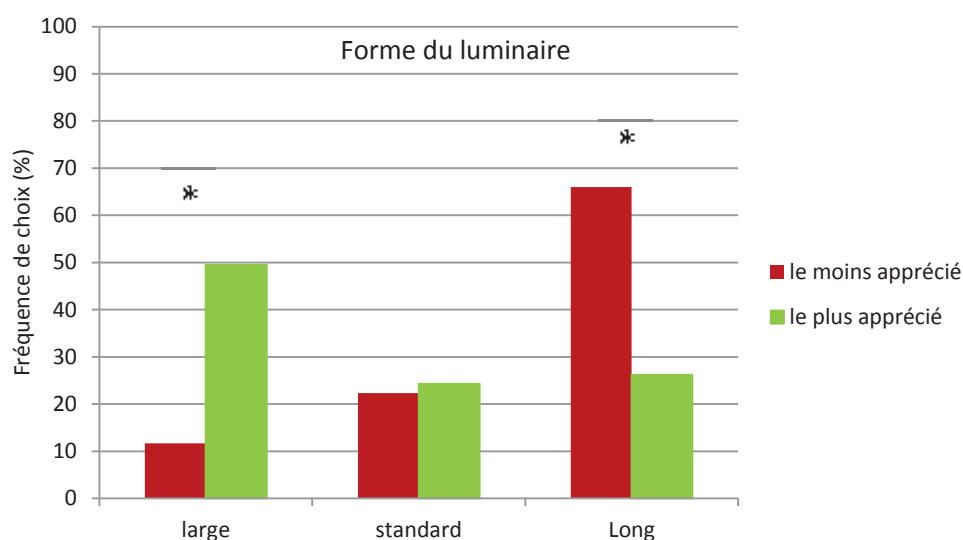


Figure 19 : Influence de la forme de luminaire sur les préférences des scénarios d'éclairage. Fréquence de choix des scénarios préférés (en vert) et rejetés (en rouge). Les scénarios non choisis sont représentés en gris. Les astérisques représentent visuellement les différences significatives de distribution des fréquences. Test du  $\chi^2$   $p < 0,05$

Une telle analyse a été faite pour les cinq autres paramètres testés (cf Annexe A4.). Les résultats pour l'ensemble des paramètres sont synthétisés dans le tableau 13 ci-après.

**Tableau 13 : Distribution des fréquences de choix des modalités en fonction des préférences des observateurs.**  
 [+] : le scénario est choisi comme étant le plus apprécié ; [=] : pas de différence significative entre les deux distributions ; [-] : le scénario est le plus fréquemment choisi comme étant le moins apprécié.

Paramètres	[+]	[=]	[-]
Type de luminaire		Conique Carré Plaques	Sur pied
Forme	Large	Standard	Long
Position		Basse Standard Haute	
Couleur	Opaque	Diffusant	Noire
Température de couleur de l'applique murale (K)		2700 3000 3700	4200
Température de couleur du luminaire sur pied (K)	2700	3000	4200
Orientation du flux	Mixte/applique opaque	Direct Mixte/applique diffusante	Indirect

De manière générale, l'analyse des distributions des choix pour les scénarios les plus appréciés et les moins appréciés, a révélé des préférences par paramètre. En effet, par série, les résultats ont permis d'identifier une modalité préférée, telles que la forme large du luminaire, l'abat-jour opaque, une source lumineuse à 2700 K pour un luminaire sur pied ainsi qu'une orientation mixte du flux lumineux issu d'une applique murale avec un abat-jour opaque.

Inversement, les résultats ont fait apparaître des rejets par paramètres. En effet, les observateurs ont le plus fréquemment choisi le luminaire sur pied, la forme longue et la couleur noire de l'abat-jour, la teinte à 4200 K de l'éclairage et l'orientation indirecte du flux lumineux, comme scénario le moins apprécié.

Certaines modalités n'ont pas été préférées ou rejetées, ce qui signifie que les scénarios associés à ces modalités ont aussi fréquemment été choisis comme les plus appréciés, que le moins appréciés. Nous pouvons enfin noter qu'aucune préférence n'a été exprimée pour la position du luminaire sur le mur.

Ces résultats sont à mettre en parallèle avec les résultats obtenus avec l'analyse des données non paramétriques présentée précédemment (cf. 2. de ce chapitre). En effet, les résultats issus de l'analyse des données de rang ont montré plusieurs modalités comme étant significativement préférées alors que si l'on regarde plus précisément la distribution des choix des observateurs, ces mêmes modalités ont autant été préférées que rejetées par les observateurs. C'est le cas notamment des modalités CONIQUE, CARRE et PLAQUE pour la série relative au type de luminaire, de la forme

STANDARD et la position INTERMEDIAIRE du luminaire, l'abat-jour diffusant de l'applique murale, des teintes 2700, 3700 et 4200 K et enfin de l'orientation indirecte du flux lumineux.

## **5. Conclusions : Sélection des paramètres pertinents pour la conception du dispositif expérimental en situation réelle**

L'étude dédiée à la conception du dispositif expérimental de notre projet a consisté à identifier les paramètres de l'éclairage influençant le jugement d'appréciation relatif à une chambre d'hôtel. Pour ce faire, 39 scénarios d'éclairage ont été modélisés pour représenter virtuellement un ensemble représentatif d'environnements lumineux possibles pour une même chambre d'hôtel (principe de la modélisation en annexe 3). Sept paramètres d'éclairage ont été étudiés, parmi eux, quatre paramètres esthétiques (forme, taille, position, couleur du luminaire) et trois physiques (quantité, température de couleur, orientation de la lumière). Trois ou quatre modalités étaient proposées par paramètre. Les images en deux dimensions, photo-réalistes, ont chacune été évaluées par un panel d'observateurs recrutés parmi les clients de l'hôtel (N=103, 60% clientèle affaire). Le dispositif expérimental (un ordinateur) était placé dans le bar de l'hôtel, un espace calme et isolé, sans apport de lumière naturelle. L'environnement thermique et visuel était maintenu constant pendant toute la durée de l'étude.

D'un point de vue plus fondamental, les résultats de cette étude ont montré une hétérogénéité des préférences relatives aux environnements lumineux selon les paramètres de l'environnement lumineux lui-même (esthétiques et photométriques), les situations (Situation télévision *versus* situation Arrivée), selon les individus (2 groupes de sujets identifiés), selon la formulation de la question (préfééré *versus* rejeté). Chacun de ces points fait l'objet d'une discussion dans les paragraphes ci-dessous.

Les résultats ont montré des préférences et des rejets pour certaines modalités des paramètres esthétiques et physiques étudiés. Au regard des paramètres esthétiques, les formes large et diffusante des abat-jour des luminaires ont été les plus appréciées. Concernant les paramètres physiques, les scénarios d'éclairage à teinte froide ont été les moins appréciés et ceux dont l'orientation du flux lumineux était mixte, ont été les plus appréciés. D'un point de vue opérationnel, ces résultats favorisent donc la proposition de pistes d'aide à la conception d'environnements lumineux pour des chambres d'hôtel prenant en compte les préférences des usagers. Ces résultats sont directement exploitables par les professionnels du secteur de l'hôtellerie.

A propos de l'influence de la situation sur les préférences exprimées, les résultats ont montré que concernant la situation Détente et la situation Arrivée, les profils de réponses des individus étaient

différents. En effet, pour la situation de détente, deux scénarios d'éclairage ont été préférés par les individus interrogés. 47% des individus ont préféré un scénario à faible quantité de lumière, 39% ont indiqué préférer le scénario à forte quantité de lumière. Or, pour la situation d'arrivée, les préférences de 81% des individus étaient tournées vers un même scénario d'éclairage, le plus fort en quantité de lumière (cf. 4.3. de l'article). Autrement dit, pour environ la moitié des individus interrogés, les attentes en termes de quantités de lumière pour les situations d'arrivée et la situation de détente sont différentes. Nos résultats dans le secteur de l'hôtellerie et dans un contexte de nature immersive confirment un effet de la situation sur les jugements d'appréciation d'environnements lumineux (chapitre 3.2.).

Les résultats de cette étude ont également montré des différences d'appréciation entre les individus. 90% des observateurs interrogés semblaient être sensibles aux variations des environnements lumineux en exprimant une préférence par rapport aux modalités étudiées. Les analyses statistiques ont cependant mis en évidence que 10% des observateurs ne semblaient pas exprimer de préférence pour les différentes modalités étudiées. Cependant, aucune caractéristique individuelle collectée au cours de l'étude n'a permis de décrire spécifiquement l'un et l'autre des deux groupes identifiés. Pourtant, l'influence des caractéristiques individuelles sur les préférences en situation virtuelle, a fait l'objet de différentes études montrant l'influence du genre et de l'âge sur les jugements d'appréciation (Oi, 2005; B. C. Park, *et al.*, 2010). De plus, les auteurs soulignent le fait que le profil psychologique ou les comportements au quotidien constitueraient des facteurs qui pourraient expliquer les différences dans les préférences. Jusqu'à présent, aucune étude n'a établi une telle corrélation. Nous attacherons une importance à identifier le profil psychologique des individus interrogés, parallèlement à l'étude des caractéristiques socio-démographiques classiques, dans la phase suivante de notre travail afin d'apporter une contribution quant à l'étude de l'influence des caractéristiques individuelles sur les jugements d'appréciation.

Enfin, nous avons constaté que le choix effectué pour exprimer une préférence a été facilité par la formulation négative de la question (*Quelle chambre me plaît le moins ?*). Il a été plus aisé d'exprimer une appréciation négative d'un espace, plutôt que d'exprimer une préférence. Cette remarque est retenue pour la conception des futures enquêtes auprès de sujets.

De plus, bien que les résultats entre les deux méthodes d'analyses statistiques aient conduit à des résultats similaires, la méthode des rangs semble être moins précise quant à la description de l'appréciation des usagers. La méthode des rangs avait été choisie initialement pour permettre l'analyse *a posteriori* de l'effet des caractéristiques individuelles sur les données non paramétriques de choix. Au vu des résultats, cette méthode statistique ne semble pas permettre l'accès aux



variations inter-individuelles expliquant les différences de perception. En effet, les résultats que nous avons présentés ne semblent pas être expliqués par des effets de l'âge et du genre des individus interrogés, alors que la littérature recense plusieurs études le spécifiant (Chapitre 2).

Le dispositif expérimental que nous avons défini comme situation virtuelle était spécifique à la contrainte fixée par le contexte opérationnel et appliqué de notre projet. Le système de présentation des images était portable, de telle sorte à être accessible à la clientèle hôtelière sans contrainte. Cependant, le dispositif utilisé n'était en aucun cas immersif, contrairement à celui installé sur ordinateur en laboratoire pour les études de Newsham en contexte de bureau (2004, 2005), celui de Park en contexte de magasin (Park & Farr, 2007) et autres utilisés en psychologie environnementale sur la perception des environnements extérieurs, projetant sur grand écran des images bi ou tridimensionnelles. La comparaison des dispositifs expérimentaux bidimensionnels et tridimensionnels immersifs *versus* non immersifs a déjà fait l'objet de travaux, dans différents contextes, les bureaux (Berrutto & Achard, 1996) et les transports individuels (Cance, 2008). Notre problématique étant liée à l'évaluation de l'apparence globale d'un environnement sans interaction nécessaire avec le dispositif, l'étude des environnements sur la base d'images bidimensionnelles est validée par la littérature.

Cependant, l'évaluation de la qualité de l'éclairage spécifique à un usage nécessite l'interaction de l'individu avec l'environnement (Newsham, Cetegen, Veitch, & Whitehead, 2010). Pour rappel, la phase dédiée à l'étude de la contribution de la lumière à la satisfaction client, en plus des situations d'arrivée et de détente investiguées en situation virtuelle (présentation d'images simulées), a identifié une situation de travail, parmi les situations d'usage fondamentales. Cette dernière nécessite donc une mise en situation de l'utilisateur afin d'évaluer sa fonctionnalité. C'est pourquoi, nous avons fait le choix d'étudier en situation réelle l'évaluation des environnements lumineux lors des différentes situations d'usage ponctuant le séjour d'un client à l'hôtel.

En résumé, cette phase a montré des différences dans l'évaluation d'environnements lumineux présentés sous la forme d'images bidimensionnelles, modélisées en trois dimensions. Les paramètres esthétiques, physiques et situationnels ont modulé les jugements d'appréciation des clients interrogés (N=103). Nous avons sélectionné la quantité de lumière et la température de couleur pour étudier leur influence sur les jugements d'appréciation en situation réelle. Les résultats ont montré des préférences différentes entre deux groupes de sujets, mais l'analyse des caractéristiques socio-démographiques des deux groupes ne permettent pas de les distinguer.

Des considérations méthodologiques ont également été faites quant à la méthode adaptée au recueil des jugements d'appréciation des clients d'hôtel, elles seront approfondies dans la phase suivante du programme de recherche.

## **CHAPITRE 7**

### **Evaluation d'environnements lumineux par les usagers de chambres d'hôtel en SITUATION REELLE**

#### **La perception des environnements lumineux**

## **1. Introduction**

La troisième phase *in situ* de ce projet de recherche vise à mieux comprendre quels sont les paramètres qui influencent le jugement d'appréciation d'environnements lumineux d'une chambre d'hôtel par des usagers en situation réelle.

L'étude est construite afin de tester l'hypothèse selon laquelle le jugement d'appréciation d'un environnement lumineux est influencé à la fois par la qualité perçue de l'éclairage, par la situation dans laquelle l'environnement lumineux est vu et par les caractéristiques individuelles des usagers qui le perçoivent.

A cette fin, plusieurs étapes ont été suivies pour construire le dispositif expérimental. La phase dédiée à l'étude de la contribution de l'éclairage à la satisfaction client (chapitre 5) a permis de mettre en évidence six situations vécues par les clients durant leur séjour qui nécessitaient une mise en lumière spécifique. Certaines d'entre elles n'ont pas été intégrées dans le dispositif expérimental car elles n'impliquaient aucune source de variations en lumière artificielle : la situation « tout éteint », la situation « tout allumé ». Par ailleurs, la situation d'Arrivée, déjà investiguée dans la phase d'aide à la conception d'environnements lumineux (chapitre 6) a consisté à quantifier le jugement d'appréciation en rapport avec une ouverture automatisée des rideaux de la chambre au moment de la découverte des lieux et un apport de lumière naturelle complémentaire à l'éclairage artificiel à l'arrivée du client. De plus, la situation « veille » n'a pas fait l'objet d'une investigation particulière, la mise en situation de cette activité ne pouvait être réalisée dans notre cadre expérimental (le réveil du client au milieu de la nuit). Ainsi, deux situations ont plus particulièrement été étudiées : la situation de détente et la situation de travail. Par ailleurs, pour des raisons opérationnelles, une situation dans la salle de bains a également été intégrée (activité de soin de visage).

La sélection des paramètres de l'éclairage à faire varier dans le dispositif expérimental s'est basée sur les résultats de la phase 2 (chapitre 6). La quantité de lumière et la température de couleur ont été les deux paramètres de l'éclairage retenus. Le chapitre 3 de ce manuscrit montre la littérature existante sur l'influence des modalités de chacun de ces paramètres sur le jugement d'appréciation, dans différents contextes, via différents dispositifs expérimentaux. Ainsi, notre objectif est d'apporter notre propre contribution dans le domaine de l'hôtellerie à l'étude de l'influence de ces deux paramètres de l'éclairage, la quantité de lumière et la température de couleur. Chacun d'eux a été décliné selon deux modalités : fort (100% du flux lumineux, i.e. éclairement moyen maximal) et faible (30% de l'éclairement moyen) pour la quantité de lumière ; chaud (2700 K) et froid (4200 K) pour la température de couleur. Nous avons donc étudié l'influence de ces facteurs sur le jugement

d'appréciation des usagers, en situation réelle d'usage dans la chambre d'hôtel. Notre recherche s'inscrivant dans la théorie contemporaine de la cognition située, il est nécessaire d'investir un contexte expérimental écologique, dans lequel il est possible de placer l'individu dans une situation la plus naturelle possible. Cette position est nouvelle par rapport à la littérature existante en psychologie environnementale où, dans la majorité des études, le contexte est celui d'un environnement reconstruit en laboratoire. A l'inverse, nous avons choisi d'exploiter une vraie chambre d'hôtel, transformée et adaptée pour l'expérimentation. L'étude a donc été menée dans une chambre d'hôtel de la marque Mercure (6m x 4m x 1,5m) équipée d'un rideau motorisé SOMFY à la seule fenêtre et de sources lumineuses à LEDs fournies par PHILIPS LIGHTING. L'architecture électrique a été conçue par SCHNEIDER ELECTRIC. Différents prototypes d'éclairage ont été installés dans la chambre d'hôtel afin de faire varier la quantité de lumière et la température de couleur de la lumière dans la chambre.

Les deux prototypes « lampe de chevet » sont présentés en Figure 20. Les prototypes étaient disposés de part et d'autre du lit. Ils ont été équipés de quatre lampes à LED, EcoF\_LED bulb, dont deux lampes en blanc chaud (BC) et deux lampes éclairaient en blanc froid (BF) afin de fournir suffisamment d'éclairage dans la pièce.

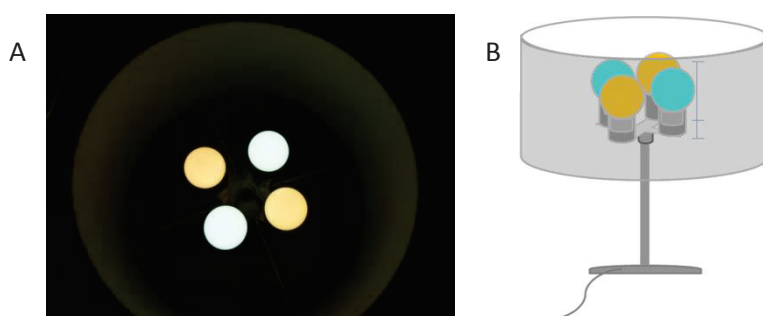


Figure 20 : Dispositif « Lampe de chevet ».

A. Photo des 4 lampes allumées (2xBC ; 2xBF) intégrées dans le luminaire. B. Schéma du prototype expérimental

Les lampes à LEDs EcoF étaient des lampes type bulbes, culot E27, gradables. Les lampes fournissaient un flux lumineux de 377,3 lm en blanc froid et 316,6 lm en blanc chaud. Pour la température de couleur, la teinte froide de la lumière était de 5000 K et pour la teinte chaude de la lumière était de 2700 K. Les IRC des lampes l'EcoF-LED blanc froid étaient de 68,8 et de 83,7 pour la lampe EcoF\_LED\_blanc chaud. Les IRC étaient compris entre 60 et 90, ils sont donc acceptables.

Concernant, le prototype d'éclairage du rideau de la chambre (Figure 21), 14 barrettes de LEDs Iw Cove Philips ont été placées dans la corniche proche du rideau. Cet équipement a permis une gradation de l'éclairage et une variation de température de couleur.

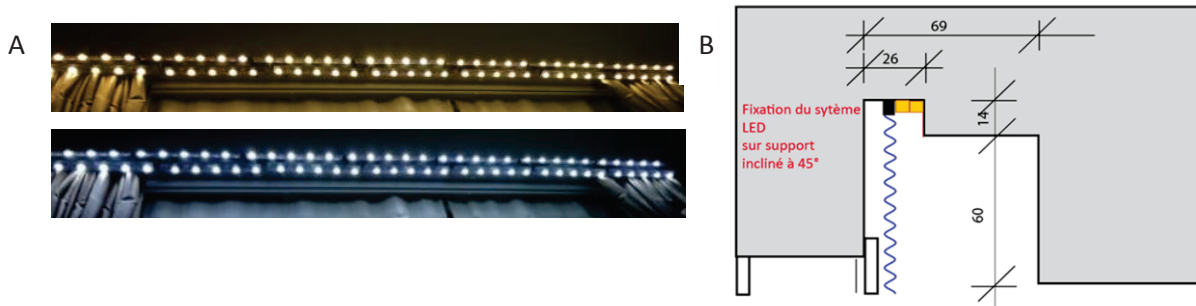


Figure 21 : Prototype d'éclairage du Rideau.

A. Photo du prototype éclairé en teinte chaude et froide, B. Schéma de l'installation du prototype d'éclairage dans la corniche, proche du rideau.

Les barrettes Iw Cove fournissaient 178 lm et une température de couleur de 3000 K et 4200 K respectivement pour les scénarios en blanc chaud et en blanc froid. L'IRC des lampes était de 73 pour les teintes en blanc chaud et de 86 pour les teintes en blanc froid.

Le prototype du meuble bar (Figure 22) était constitué de deux lampes à LED EcoF blanc chaud et blanc froid, et deux barrettes de LED IColor Cove QLX en RVB. Ce prototype permet une gradation de la lumière, une variation de température de couleur, en utilisant les lampes à LEDs EcoF et une variation de la couleur de la lumière en utilisant les barrettes IColor.

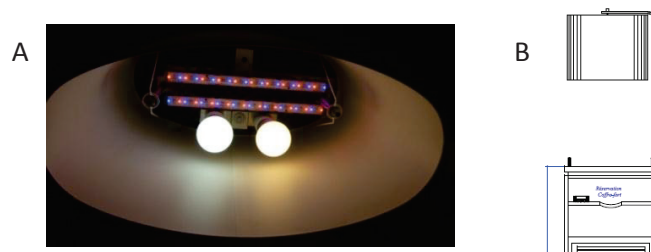


Figure 22 : Prototype d'éclairage du meuble bar.

A. Photo de l'installation des lampes à LEDs et barrettes à l'intérieur du luminaire. B. Schéma du meuble bar.

Les barrettes ont un flux lumineux de 39 lm. L'implantation de barrettes RVB répondait à une demande des partenaires industriels collaborant au projet. L'apport d'une lumière colorée dans les scénarios d'éclairage ne répond pas au design de notre étude. L'influence d'une lumière colorée sur l'appréciation de l'environnement lumineux ne sera pas traitée dans ce manuscrit.

L'installation lumineuse de la chambre est donc caractérisée par un flux lumineux total d'environ 4000 lm.

Concernant la salle de bains, deux prototypes d'éclairage ont été placés de part et d'autre du miroir (Figure 23). Chacun intégrait 2 tubes fluo Pentura blanc chaud et blanc froid ainsi qu'un bandeau de LED blanc chaud / blanc froid.

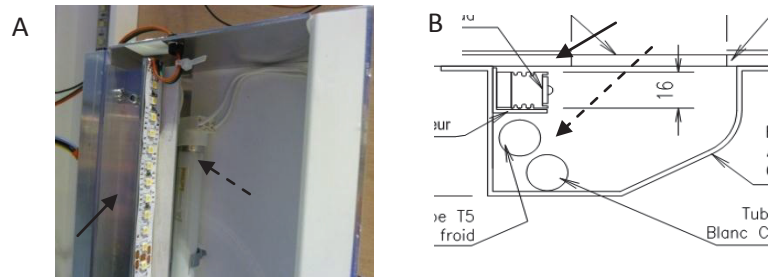


Figure 23 : Prototype d'éclairage du miroir de la salle de bains.

A. Photo du prototype installé. B. Schéma du prototype. La flèche pleine repère l'installation du bandeau de LEDs, la flèche en pointillé repère l'installation des tubes fluo.

Le bandeau de LEDs installé dans le prototype, fournissait un flux lumineux constant à 2700 K pour le scénario en blanc chaud, et à 4200 K pour le scénario en blanc froid. Elles fournissent une intensité lumineuse de 1900 lm.

Chaque tube Pentura fournit une température de couleur de 2100 K et 4200 K pour les scénarios respectifs.

La commande des scénarios était faite à distance, en Bluetooth, depuis une télécommande. L'armoire électrique était placée à l'extérieur de la chambre expérimentale, dans une pièce mitoyenne, de telle sorte à rendre la chambre la plus réaliste possible.

En ce qui concerne les usagers interrogés pour cette étude, le recrutement s'est fait dans l'hôtel où la chambre expérimentale a été aménagée. Afin d'observer et d'expliquer les différences dans le jugement d'appréciation, un large échantillon d'usagers a été recruté. Dans le domaine de l'évaluation sensorielle et les tests consommateurs, la norme recommande un échantillon de sujets, récemment augmenté d'un minimum de 120 sujets (AFNOR V09-500). De plus, afin de pouvoir étudier les interactions entre plusieurs modalités et d'étudier les différences liées aux caractéristiques individuelles, nous choisissons d'interroger un échantillon de personnes suffisamment grand pour assurer des résultats statistiques robustes. En ce sens, 203 clients ont été interrogés (53% hommes, moyenne d'âge= 39,5±12,5).

Les tests se sont déroulés entre 12h et 22h durant 4 mois, de mars à juin 2011. En raison de la période de test dans l'année, il y a toujours un apport de lumière naturelle dans la chambre quelle que soit l'heure de passage du test. Pour limiter les biais dus aux variations d'apport de lumière

naturelle pendant la durée du test et entre les sujets, les rideaux opaques obstruent la fenêtre et l'évaluation des environnements lumineux se fait en lumière artificielle uniquement. Le sujet était accompagné depuis la réception de l'hôtel jusqu'à l'entrée de la chambre test, où il recevait les consignes générales et le questionnaire papier qui l'accompagnerait pas à pas durant l'étude. Afin de sensibiliser la personne au système de notation sur échelle, le sujet recruté s'entraînait préalablement à évaluer globalement une chambre modélisée en 2D, présentée sur papier. Le sujet répondait à la question - *Il est 20h, vous arrivez dans votre chambre d'hôtel, l'ambiance vous plaît-elle ?* – en utilisant une échelle continue et bornée à ses extrémités par les termes « pas du tout » et « extrêmement ». La réponse à cette question n'a pas été exploitée dans l'étude, il s'agissait d'une étape de sensibilisation au système de notation utilisé pour l'expérimentation. Puis, le sujet est amené à vivre seul les trois situations de vie. Pour la situation de détente, le sujet était installé sur le lit de la chambre d'hôtel à sa convenance, face à l'écran de télévision allumé, et il visionnait un documentaire de huit minutes. Pour la situation de travail, le sujet était assis au bureau de la chambre, face à un ordinateur. L'activité de travail proposée était de retranscrire un article de magazine en couleur, sur l'ordinateur. Pour la situation dans la salle de bains, le sujet se plaçait face au miroir et se regardait dans la glace en imaginant procéder à un soin du visage, le matin, avant de quitter la chambre.

Pour chacune des situations de vie étudiées, l'utilisateur répondait à trois types de questionnaire donnant l'accès à l'évaluation des scénarios d'éclairage (notation), aux préférences (choix) et la production langagière (verbatim) des sujets en situation. Pour ce faire, lors de l'évaluation des scénarios d'éclairage, le sujet évaluait globalement les scénarios proposés en utilisant une échelle continue, bornée à ses extrémités par les termes « pas du tout » et « extrêmement ». A noter que le sujet vivait les scénarios pendant deux minutes. Il était conseillé au sujet de donner son appréciation seulement après s'être habitué au scénario proposé, plutôt que dès le changement d'environnement lumineux.

Relativement à l'étude des préférences en termes d'environnement lumineux, après avoir vu l'ensemble des scénarios, le sujet choisit parmi les scénarios proposés celui qu'il lui plaisait le plus et celui qui lui plaisait le moins. Le choix était fait selon un processus mémoriel, les scénarios n'étaient pas présentés à nouveau à cette étape de l'étude.

Enfin, l'étude des termes employés pour exprimer un ressenti a été permise par le fait que pour chacun des scénarios étudiés, le sujet exprimait librement et spontanément par écrit son ressenti concernant les scénarios vécus.



Cette dernière phase de recherche est également marquée d'enjeu méthodologique dans la continuité des phases précédentes. En effet, nous avons montré l'influence de la formulation de la question sur le recueil des jugements d'appréciation, et ce, à plusieurs niveaux.

Pour ce faire, nous avons considéré plusieurs aspects méthodologiques tels que le choix des mots des échelles dans les questionnaires, l'approche méthodologique basée sur des échelles sémantiques ou des comparaisons entre les environnements lumineux. Nous abordons enfin l'influence possible de la technologie LED utilisée dans notre étude, sur les résultats.

Relativement à l'usage des questionnaires basés sur l'usage d'échelles sémantiques bipolaires, nous avons abordé que le choix des termes utilisés aux bornes des échelles a fait l'objet de discussion au sein de la communauté scientifique (Fotios & Houser, 2009; Vogels, 2008). La spécificité des échelles relativement au contexte étudié pose un premier problème : le choix des bornes aux extrémités des échelles est spécifique au domaine de bureau et non à celui de l'hôtellerie. A notre connaissance, il n'existe pas d'étude ayant validé l'usage de tels questionnaires en hôtellerie. De plus, certains chercheurs (Boray, *et al.*, 1989) discutent la difficulté de compréhension des mots par les individus interrogés. Nous posons également la question de la nuance entre les mots de différentes échelles utilisées pour une même question tels que *pleasant - unpleasant versus like - dislike* pour les plus communs. La polysémie des mots utilisés peut rendre incertaine l'interprétation de la réponse de l'individu interrogé. Dans ce contexte, nous analyserons le vocabulaire utilisé par les usagers pour décrire les environnements lumineux étudiés, dans la continuité des travaux de Boyce (Boyce & Cuttle, 1990), le premier auteur ayant relevé l'intérêt d'étudier le vocabulaire utilisé par les usagers pour décrire leur ressenti, et ainsi accéder au jugement d'appréciation autrement que par l'usage d'échelles sémantiques.

Relativement au type de questions, la littérature focalisée sur l'étude du jugement d'appréciation utilise principalement deux méthodologies pour faire apparaître les préférences des sujets : l'évaluation sur échelle permettant l'obtention de notes d'appréciation, ou des choix effectués sur la base de comparaison par paire de différents scénarios d'éclairage. Chacune des méthodologies est couramment employée dans la littérature. Dans le but de contribuer au choix de la méthode la plus pertinente à l'étude des jugements d'appréciation en situation réelle, nous utilisons dans la phase 3 de ce programme de recherche, les deux méthodologies afin d'en comparer les avantages et les inconvénients.

Relativement à l'analyse des données, la méthode des rangs effectuée sur la base de données de choix n'ayant pas conduit à des résultats concluants quant à l'effet des caractéristiques individuelles

sur les jugements dans la phase d'étude précédente (chapitre 6), nous utiliserons des analyses statistiques sur les données paramétriques issues de l'évaluation des environnements lumineux.

Enfin, relativement au dispositif expérimental, les données de la littérature recensent majoritairement des études utilisant les anciennes technologies, telles que la fluorescence. Les paramètres de l'éclairage étudiés dans notre projet de recherche sont similaires à ceux de la littérature, mais le changement de technologie modifie indéniablement la distribution spectrale (SPD) de la lumière produite par la source. Or, des travaux ayant montré une influence de la SPD sur les jugements d'appréciation (voir Fotios, 2006 pour revue), nos résultats pourront être mis en parallèle avec les résultats de la littérature antérieure.

La troisième phase de ce programme de recherche a donc deux finalités. La première, d'un point de vue fondamental, vise à mettre en évidence l'influence des usages et des usagers sur la perception des environnements lumineux en situation réelle. La deuxième, d'un point de vue méthodologique, consiste à comparer les méthodologies entre elles et faire apparaître leur apport respectif à la meilleure compréhension du phénomène de perception en situation réelle.

## **2. Influence des usages et des usagers sur la perception des environnements lumineux (Article 3)**

# **Preferred luminous environments for various situations experienced by French users in a hotel room.**

Fernandez P., Fontoynt M., Giboreau A.

## **Abstract**

This study concerned the user's assessment in terms of luminous environment of a hotel room according to the situation experienced, in a factorial between-subject design: two illuminance levels (dim: 100 lx ; bright: 300 lx) by two colour temperatures (warm white: 2700 K; cool white: 4200 K), by three situations: LEISURE: from the bed, watching a movie on TV, WORKING: from the desk typing a text on computer, BATHROOM: faced to the mirror in the bathroom, looking at him/her self. It was hypothesized that luminous environments assessments were influenced by individual characteristics such as gender and age, or both.

Two hundred and three French customers were recruited in the Hotel Mercure Lyon Beaux Arts (France). They expressed their preference among the 4 lighting conditions while they were undertaken the 3 different situations during 8 minutes respectively, in a real hotel room. Results highlighted differences among preferences of lighting conditions depending on the situation: while watching a movie, users preferred a subdued environment (20 lx and 2700 K lighting condition) as mood lighting in comparison to the two other situations when the users were working or looking at themselves in a mirror, they express a preference for the brightest environment (100 lx - 2700 K lighting condition), providing a better visual comfort. Male gave a higher rating for cooler lighting condition and elderly people gave higher ratings for brighter lighting condition. These results help hotel designer to purpose luminous solutions predetermined for leisure and working conditions.

**Keywords:** Lighting, visual environment, colour temperature (CCT), lighting condition assessment, preferences, hotel room

## 1. Introduction

Although hotels managers and architects recognize the importance of hotel design from an interior lighting design perspective, very few studies investigate the relation between lighting and individual preference in hotels (Alonso & Ogle, 2008). In the existing literature, customers' assessment of the value created by the best industry performance has been investigated in order to highlight the global elements which created value at the time of purchase and during the guest experience (Siguaw & Enz, 1999). Among the crucial parameters, the guest room design attributed a powerful source of customer value in purchase decision (Dubé, Enz, Renaghan, & Siguaw, 1999). Regarding the design, Countryman *et al.*, investigated the atmospheric perception in hotel lobby, and showed that colour, lighting, and style were found to be significantly related to the overall impression of a hotel lobby (Countryman & Jang, 2006). However, Rutes, Penner, and Lawrence (2001) argued that the guestroom leaves a more lasting impression on the lodging guest than any other hotel space more than the lobby, the restaurants, or the service spaces (Park, Pae, & Meneely, 2010).

The present study aims at better understand the perception of luminous environments in a hotel room from the end-users' point of view, the customers. Two preliminaries studies contributed to define the current one. First, a campaign of 17 interviews done in two hotels (Lyon, Fr) revealed the importance of luminous environments in the guest experience in hotels. Based on the expert content analyses practiced by a group of engineers, designers and psychologists, on the gathered material, luminous environments have to be adapted to the six fundamental situations undertaken by customers during their stay (Fernandez *et al.*, in press): Arrival time, leisure time, working time, sleeplessness time, switch on time and switch off time. Second, the relevant parameters contributing to the positive or negative appreciation of a hotel room were also investigated in a previous study, where one hundred and three customers have given their preference among rendering and photorealistic images of lighting conditions of a hotel room regarding a global visual appearance and imagined situations (Fernandez, in press). The study aimed at highlighting the influence of aesthetics parameters (i.e. kind of luminaire, shape, position and colour lampshade) and physical parameters (i.e, distribution of luminous flux, colour temperature and quantity of light) on judgment, in a virtual setting.

The results emphasized difference in preferences due to the lighting parameters, in agreement with the literature. Previous studies have shown that subjects prefer 'warm' and dim versus 'cool' and bright light (Flynn, 1977). Baron *et al.* found differences in the perceptions of a laboratory viewed under warm white (3000K), natural white (3600K), cool white (4200 K), and or full-spectrum light Design 50 (D50, Sylvania Trademark) (5000K). It appeared that the

cool-white condition was less pleasing overall and that the warm-white condition was somewhat more favourably rated (Baron, Rea, & Daniels, 1992). However, controvert results have been listed in the literature. Boray *et al.* designed a study in a windowless laboratory room to compare the effects of warm white (3000 K), cool white (4100 K) and full-spectrum lamps (5000 K), on simple cognitive performance, ratings, and moods. The results showed no significant differences among the three lighting types on any of the dependent measures (Boray, Gifford, & Rosenblood, 1989).

However, preferences regarding the luminous environment from the user point of view are still unclear in real experience. The main aim of the present study is to assess the influence of lighting conditions on users' appreciation of a hotel room in a real setting. The method employed allowed the collection of users' judgment while they are experiencing luminous environments. From a theoretical point of view, the aim of this study was to measure the appreciation of artificial light in the not well known context of hotel rooms and to evaluate the difference of perception according to the situation experienced by the users. From an operational point of view, the study aimed to evaluate the optimum level of illuminance and Correlated Color Temperature (CCT) of light during short light exposition in three situations usually experienced in hotel rooms: watching TV layed on the bed, typing on computer seated at the desk, looking at him/her self in the bathroom mirror.

It was hypothesized firstly that the perception of illuminance and the CCT of light may change according to the situation experienced by the users in the hotel room and secondly that individual characteristic impacts the assessments.

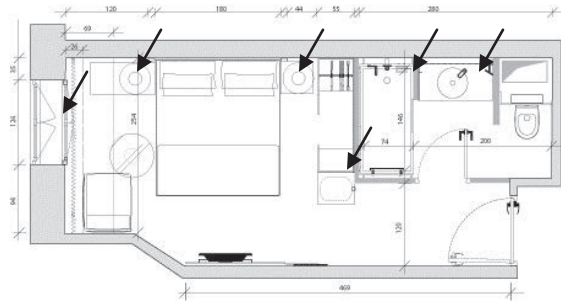
## 2. Materials & Methods

### 2.1 Participants

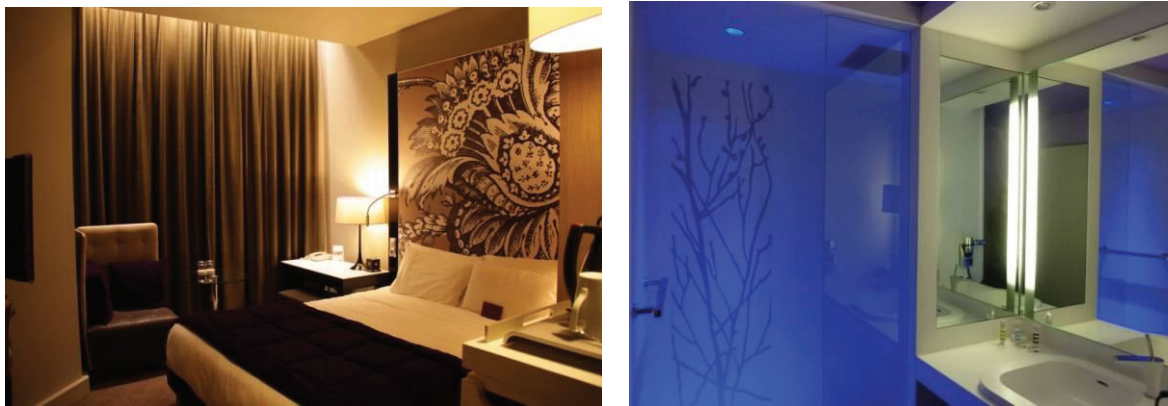
Two hundred and three participants were recruited, 45% of people attend hotels more than once a month, 55% attend the hotels at least once a year. All of them were native French to avoid any difference of preference due to the culture (Park, *et al.*, 2010).

Sample is ranging in age between 20 and 78, with an average of 39.5 years ( $\pm 12.5$ ). 53% are men. None of the participants had disabled eye vision during the test or had specific knowledge in lighting field. Customers were thanked for taking part in the study by a money gratification of 15€, given at the completion of the study. The reward was advertised as part of the recruitment. The announcement of the reward during the recruitment improves the customer satisfaction and involvement in the task (Barsky & Huxley, 1992).

## 2.2. Environmental setting



**Figure 1: Plan of the experimental room.**  
 Narrows shown the position of the luminaries in the bedroom and the bathroom.



**Figure 2: View of the hotel room and the bathroom**

The study was carried out in a real hotel room (6mx4mx1.5m) (Figure 1), in the Hotel Mercure Lyon Beaux Arts (Accor group). The room was furnished according to the rooms' standard of the brand. However, the room design was an innovative concept still unknown to loyal customers. The wall and ceiling were light-grey; the floor was covered with a brown carpet. All windows were completely covered with a brown and opaque curtain in order to shut out natural daylight. A purple blanket covered a white duvet on the bed. In the bathroom, the wall and ceiling were light-purple, the inset washbasin and toilets were white (Figure 2). No connecting wires was visible in the room, the control system equipment was installed in an adjacent room, in order to keep the room as realistic as possible. Physical variables such as heat were controlled by a air conditioning system.

The lighting installation consisted in 2 types of lamp fitted in three luminaires: a LED strip was fitted close to the curtain, LED bulbs lamps were fitted in the black and footed bedside lamps (rho lampshade= 9%) and in the luminaire of the mini bar furniture (rho lampshade = 9%). In the bathroom, light was provided by a coloured spot in the shower stall and two strips were fitted in each side of the mirror behind the sink (rho mirror = 45%). Photometrical

information regarding each lamp is contained in table 1. The lamps were chosen because these products provide warm and cool light at dimmable light levels. The lamps were controlled by dimmers, thus by a combination of dimming, two ranges of average luminances were provided without changing the light pattern.

**Table 1: Type, position and photometrical parameters of lamps installed in the hotel room**

Room	Lamp	CCT	IRC (approx)	Position
Bedroom	Bulb lamps EcoLight LED 8W E27	2700 K	83,7	Bedside lamps, Minibar furniture
		4200 K	68,8	
	Strip lamp iW COVE POWERCOVE 3000 K-6500 K 15W Philips	3000 K	73	Curtain lamps
		4200 K	86	
Bathroom	Strip lamp FORCE LIGHT tw neutral 2000 K-6000 K 15W Ledmer	2700 K	80	Mirror lamps
		4200 K	80	

### 2.3. Design of the study

The study aimed at emphasizing the variation of appreciation of four lighting conditions while the users were undertaken three different situations. The experiment followed a design with 3 independent variables: 2 illuminances x 2 Colour Correlate Temperatures x 3 situations. Assessment of illuminance was tested between “dim” and “bright” levels of illumination. The low-illuminance lighting conditions (“dim”) were settled by using 30% of lighting quantity provided by all the sources. The high-illuminance lighting conditions (bright) were accomplished by using 100% of luminous flux of all the sources.

Color temperatures of light were tested between “warm” and “cool” sources. For “warm” color light, a color temperature 2700 K was selected. For “cool” color light, a color temperature 4200 K was used. The defined variables permitted four different combination effects to be studied, including dim/warm, bright/warm, dim/cool and bright/cool lighting conditions. The physical light measurements in terms of horizontal illuminance or CCT were carried out with a calibrated luxmetre and chromametre in the room (Konica Minolta CL-200A). The four resulting lighting conditions tested in this study were presented in the real hotel room during three situations.

During the LEISURE situation, the user was laying on the bed, facing the TV and watched a documentary on animals. During the WORK situation, the user was typing on computer a short article from a magazine. During the BATHROOM situation, the user was facing the



mirror, imagining making up (for ladies) or shaving (for men) in the morning before leaving. Table summarizes the design of the study, presenting the 12 studied lighting conditions.

**Table 2: Design of the study.**

Each line of the table represents the combination of lighting parameters of the lighting conditions. Dim and High are the two lighting level of the lighting condition from 100lx to 300 lx respectively, and Warm and Cool are the two CCT study from 2700 K to 4200 K respectively.

Situation	Lighting conditions	
	Quantity of light	Color temperature
LEISURE Watching TV	Dim	Warm
	Bright	Warm
	Dim	Cool
	Bright	Cool
WORK Typing on computer	Dim	Warm
	Bright	Warm
	Dim	Cool
	Bright	Cool
BATHROOM Looking at him/herself	Dim	Warm
	Bright	Warm
	Dim	Cool
	Bright	Cool

## 2.4. Procedure

Customers were recruited at the hotel reception during the check-in. This study was presented as a satisfaction survey of the new concept of hotel room. No particular mention was done on light during the recruitment. The study took place between 4 PM and 10 PM, for 4 months from March to June 2011.

The study was carried out *in situ*, in a room specifically equipped to implement the testing.

Each of the lighting conditions was assessed by the 203 customers from the different positions in the room related to the three undertaken situations. Following sensory evaluation practices (Lawless & Heymann, 2010), the customers answered a general question linked to the situation, e.g. “*While working, do you like this atmosphere?*”, by using a 10 cm linear scale from “not at all” to “extremely”. The semantic scales usually used in the literature, were not used to assess the lighting condition in order to avoid the problem of understanding the extreme bounds, often sources of bias in studies (Tiller & Rea, 1992).

Regarding the order of presentation of the situation, 50% participants started to experience the LEISURE situation and 50% the WORK situation. Each situation lasted exactly 8 minutes, which means 2 minutes per lighting condition. The presentation of lighting conditions followed a Latin Square order within each situation to avoid order effect. The experiment still ended with this BATHROOM situation because we asked people to imagine the situation in



the morning before to leave the room,. At the end of the experiment, customers filled in questionnaire recording personal information to collect individual characteristics.

## 2.5. Statistics

Scores were obtained by measuring in centimeters, the distance between the left end of the scale (not at all = 0) and the mark made by the subject. The maximum right position being 10 (I like extremely). The distribution of the scores was observed and followed a unimodal curve. By using the large sample of subjects interviewed, statistics are performed on parametric data. An inferential statistical measure was used to examine lighting assessments: a 3 ways between subjects analysis of variance was used for the evaluation of lighting preference involving the basic design independent variables (2 illuminances  $\times$  2 CCT  $\times$  3 situations). The multiple mean comparisons were made with a Newman-Keuls test. The statistical level of acceptance was set to  $p=0.05$ . Mean scores without significant difference were identified with the same letter in the figures. Statistical analyses were performed using XLSTAT Version 2009.4.02.

## 3. Results

### 3.1. Perception of the studied lighting parameters

- **Simple effects**

The following results showed a contribution of the studied lighting parameters (Table 3). Whatever the undertaken situation, the results showed a significant difference of appreciation when the lighting condition changed in terms of illuminance ( $p<0.0001$ ) and CCT ( $p<0.0001$ ). These results highlighted that customers perceived the difference of both parameters and rated them differently.

The Newman Keuls test showed that whatever the undertaken situation, the brighter conditions were rated higher than the dimmer ( $M\pm SD$ ; Bright= $53.8\pm 25.4$ ; Dim= $49.1\pm 24.5$ ), and the warmer were rated higher than the cooler (Warm=  $55.4\pm 23.9$ ; Cool= $47.5\pm 25.5$ ).

There was no difference of appreciation regarding the interaction of the both lighting parameters ( $p=0.055$ ).

Regarding the 3 undertaken situations, the users liked them whatever the lighting parameters. There was no difference of ratings between the 3 experienced situations ( $p<0.3923$ ). The ratings given by the users were respectively positive (LEISURE= $52.1\pm 25.3$ ;

WORKING=50.7  $\pm$ 25.7; BATHROOM=51.6  $\pm$ 24.0). In other words, no situation was more or less preferred in comparison to the other.

**Table 3: ANOVA table of lighting parameters and situation undertaken on the appreciation. ( $\alpha=0.05$ )**

Variable	Df	F	Pr > F
ILLUMINANCE	1	26,4262	<,0001
CCT	1	81,2457	<,0001
ILLUMINANCE *CCT	1	3,681	0,0552
SITUATION	2	0,9362	0,997
SITUATION * ILLUMINANCE	2	66,9061	<,0001
SITUATION *CCT	2	19,1683	0,004
SITUATION * ILLUMINANCE *CCT	2	5,6803	0,0035

- **2 way interactions**

However, significant interactions were observed between situations and the lighting quantity (SITUATION \* ILLUMINANCE); and situations and colour temperatures (SITUATION \* CCT).

Table 4 shows the results of the situation and the illuminance interaction on ratings ( $p<0.0001$ ). Regarding each rating for a specific situation, users gave a higher rating for dimmer condition in the situation of leisure and gave a higher rating to the brighter conditions in the situation of working and in the bathroom. Moreover, the ratings for each illuminance were significantly different depending on the situation undertaken. The dimmer rating was higher in the leisure time than the ones in the situation of bathroom, and in the working situation. Regarding the rating for the brighter conditions, the scores given in the working and the bathroom situation were significantly higher than the one given in the leisure situation.

**Table 4: Mean of liking depending on the illuminance and the situation undertaken.**

Letters illustrate the results of multiple means comparisons, Newmann Keuls test: Means with the same letter were not different at  $\alpha=0.05$

SITUATION	ILLUMINANCE	Mean $\pm$ SD
LEISURE	Dim	57,0 $\pm$ 24.5 a
	Bright	47,2 $\pm$ 25,2 b
WORKING	Dim	42,4 $\pm$ 23,9 c
	Bright	58,9 $\pm$ 24,9 a
BATHROOM	Dim	47,9 $\pm$ 22,8 b
	Bright	55,3 $\pm$ 24,6 a

Table 5 gives the results of the situation and the CCT interaction. Whatever the illuminance in the room, results showed a significant difference in rating depending on the CCT of the lighting condition and the situation undertaken ( $p < 0.0001$ ). Mean scores of warm and cool lights were different regarding the undertaken situation.

As shown in table 5, regarding each situation, the warmer lighting conditions had the higher scores in comparison with the cooler. However, the warmer conditions were assessed differently depending on the situation undertaken: the higher rating was given in the leisure situation. The cooler conditions have been differently assessed in the situation of leisure compared with the working and bathroom situation had the higher ratings in the situation of working and in the bathroom.

**Table 5: Mean of liking depending on the CCT and the situation undertaken.**  
Letters illustrate the results of multiple means comparisons, Newmann Keuls test: means with the same letter were not different at  $\alpha=0.05$

SITUATION	CCT	Mean $\pm$ SD
LEISURE	Warm	60.1 $\pm$ 22.6 a
	Cool	44.1 $\pm$ 25.4 e
WORKING	Warm	52.9 $\pm$ 25.2 b
	Cool	48.4 $\pm$ 26.1 cd
BATHROOM	Warm	53.4 $\pm$ 23.2 bc
	Cool	49.8 $\pm$ 24.7 d

### • 3 way interactions

The lighting conditions, i.e. the combination of the lighting parameters, illuminance and CCT, were assessed differently depending on the situation undertaken ( $p=0.0035$ ). Table 6 shows these results.

During the situation of leisure, mean scores of the lighting conditions were different. The users liked the most the warmer and dimmer condition (M  $\pm$ SD: 64.8  $\pm$ 21.7) and liked the least the coldest and brightest condition (M  $\pm$ SD: 39.1  $\pm$ 25.1).

During the situation of work, the scores preferences of the lighting conditions were different. The users gave the highest rating to the warmest and brightest conditions and the lowest to dimmest conditions whatever the colour temperature of light.

The same pattern of answers was observed for the bathroom situation and the working situation. The users liked the most the warmest and brightest condition, and liked the least the dimmest conditions whatever the colour temperature.

**Table 6: Mean of liking depending on the illuminance and CCT during the three situations undertaken.**  
**Letters illustrate the results of multiple means comparisons, Newmann Keuls test: Means with the same letter were not different at  $\alpha=0.05$**

SITUATION	ILLUMINANCE*CCT	Mean $\pm$ SD
LEISURE	Dim Warm	64.8 $\pm$ 21.7 a
	Bright Warm	55.3 $\pm$ 22.6 bc
	Dim Cool	49.2 $\pm$ 24.7 d
	Bright Cool	39.1 $\pm$ 25.1 f
WORK	Dim Warm	41.7 $\pm$ 23.6 ef
	Bright Warm	64.0 $\pm$ 21.6 a
	Dim Cool	43.2 $\pm$ 24.2 ef
	Bright Cool	53.7 $\pm$ 26.9 bc
BATHROOM	Dim Warm	50.2 $\pm$ 22.5 cd
	Bright Warm	56.6 $\pm$ 23.4 b
	Dim Cool	45.6 $\pm$ 22.8 de
	Bright Cool	54.0 $\pm$ 25.8 bc

As a global result, this experiment showed that participants perceived the change in lighting parameters during the experiment and depending on the undertaken situation, the preference were different. Participants liked the most a subdued luminous environment during a leisure situation and a brighter one during functional situations such as working or looking at him/herself in a mirror.

The individual characteristics have been collected in order to measure the effect of these parameters on the liking rating.

### 3.2. The effect of individual characteristics on hotel room assessment

Several individual characteristics of participants have been collected with a parallel questionnaire. The standard individual characteristics in the literature have been gathered, i.e. gender and age. Because of the controversy in the literature regarding the influence of these parameters on liking, other individual characteristics had been collected. One was specific to the hospitality context i.e, the frequency of stays in hotel (freq\_hotel), one has been used to describe the psychological profile of participant, i.e. the Affect Intensity Measure (AIM) (Larsen, 1987). Several individual characteristics had an influence on assessments of the hotel room depending on the undertaken situation, and the lighting parameters respectively. These results are presented in table 7.

**Table 7: ANOVA table of the interactions between situations, lighting parameters and individual characteristics on liking.**  
 $\alpha=0.05$ 

Variable	Df	F	Pr > F
SITUATION *freq_hotel	4	0,294	0,882
SITUATION *Age	8	0,916	0,502
SITUATION *Gender	2	3,057	<b>0,047</b>
SITUATION * AIM	4	0,452	0,771
ILLUMINANCE*freq_hotel	2	0,761	0,467
ILLUMINANCE *Age	4	2,763	<b>0,026</b>
ILLUMINANCE *Gender	1	1,296	0,255
ILLUMINANCE * AIM	2	0,070	0,932
CCT*freq_hotel	2	0,072	0,930
CCT *Age	4	1,076	0,367
CCT *Gender	1	8,370	<b>0,004</b>
CCT * AIM	2	4,761	<b>0,009</b>
ILLUMINANCE * CCT *freq_hotel	2	1,354	0,258
ILLUMINANCE * CCT *Age	4	0,603	0,661
ILLUMINANCE * CCT *Sex	1	1,207	0,272
ILLUMINANCE * CCT *AIM	2	0,285	0,752
SITUATION * ILLUMINANCE * CCT *freq_hotel	4	0,130	0,971
SITUATION * ILLUMINANCE * CCT *Age	8	0,332	0,954
SITUATION * ILLUMINANCE * CCT *Gender	2	1,497	0,224
SITUATION * ILLUMINANCE * CCT *AIM	4	0,450	0,772

Regarding the interaction between the undertaken activities and the individual characteristics, the difference in frequency of stays in hotels of participants has no effect on the liking ratings, gathered the different situations ( $p=0.882$ ). No effect of the age ( $p=0.502$ ) and the AIM ( $p=0.771$ ) on the liking ratings was observed neither. However, difference in gender has an effect on the liking ratings regarding the undertaken situation ( $p=0.047$ ). Looking at the mean ratings, women gave a higher rating in the leisure situation compared to the other situation. In the same way, women gave a higher rating for the situation of leisure in comparison to the men ratings (Table 8).

**Table 8: Mean of liking depending on gender and situations undertaken. Letters illustrate the results of multiple means comparisons, Newmann Keuls test: Means with the same letter were not different at  $\alpha=0.05$**

SITUATION	Gender	Mean $\pm$ SD
LEISURE	Men	52,7 $\pm$ 23,8 a
	Women	51,4 $\pm$ 27.0 b
WORKING	Men	53,4 $\pm$ 24.0 b
	Women	47,6 $\pm$ 27.3 b
BATHROOM	Men	53,5 $\pm$ 22.0 b
	Women	49,7 $\pm$ 25.8 b

Regarding the interaction between the individual characteristics and change in illuminance, the difference in frequency of stays in hotels of participants has no effect on the liking ratings of lighting conditions varying from dim to bright lights ( $p=.467$ ). No effect of the gender ( $p=0.255$ ) and the AIM ( $p=.932$ ) on the liking ratings was observed. However, the difference in age of the participants has an effect on liking ratings of lighting conditions varying from dim to bright lights ( $p=0.026$ ). This interaction effect of quantity of light and age showed that the brighter lighting conditions were more liked by the oldest users in comparison with the dimmer, even if there were no preference for dimmer or brighter conditions for the younger users (Table 9).

**Table 9: The interaction effect of illuminance and age on the assessment of the hotel room. Letters illustrated the results of multiple means comparisons, Newmann Keuls test. Means with the same letter were not different.  $\alpha=0.05$**

Age	ILLUMINANCE	Mean $\pm$ SD
[20-29]	Dim	50,7 $\pm$ 25,2 bcd
	Bright	52,3 $\pm$ 26.0 bcd
[30-39]	Dim	48,3 $\pm$ 23.0 cd
	Bright	53,2 $\pm$ 23.8 bcd
[40-49]	Dim	49,4 $\pm$ 24.7 bcd
	Bright	53,6 $\pm$ 27.2 bcd
[50-59]	Dim	47,1 $\pm$ 23.8 d
	Bright	54,8 $\pm$ 23.7 bcd
[60-69]	Dim	48,5 $\pm$ 25.5 bcd
	Bright	61,4 $\pm$ 24.8 a

Regarding the interaction between the individual characteristics and change in color temperature, the difference in frequency of stays in hotels of participants has no effect on the liking ratings of lighting conditions varying from warm to cool lights ( $p=.930$ ). No effect of the age ( $p=0.367$ ) on the liking ratings was observed. However, the difference in gender ( $p=.004$ ) and the AIM ( $p=.009$ ) of the participants has an effect on the liking rating of lighting

conditions varying from warm to cool lights. The effect of colour temperature of light and gender showed that a cool lighting (4200 K) was better assessed by men than women (Table 10). However, no difference in assessment between men and women were showed for the warm condition (2700°) in these results.

**Table 10: Mean ratings of the interaction between CCT and gender.**  
Letters illustrated the results of multiple means comparisons, Newmann Keuls test. Means with the same letter were not different.  $\alpha=0.05$

CCT	Sex	Mean $\pm$ SD
Warm	Male	55,8 $\pm$ 21,9 a
	Female	55,1 $\pm$ 25,9 a
Cool	Male	50,6 $\pm$ 24,2 b
	Female	44,0 $\pm$ 26,4 c

Finally, the interaction between colour temperature of light and AIM, the psychological predictor, showed a significant effect. One of the three groups (group AIM 1) gave lower ratings to the both color temperature, compared to the other groups (Table 11). However, no difference in assessment was found between the both groups AIM 2 and 3; they gave the higher ratings to the warmer than to the cooler lighting scenarios. These results may shown that the group AIM 1 was stricter than the both other groups AIM 2 and 3, but the three groups have the same pattern of responses. They preferred the warmer condition than the cooler. The both group may used the scaling differently.

**Table 11: Mean ratings of the interaction between CCT and AIM.**  
Letters illustrated the results of multiple means comparisons, Newmann Keuls test. Means with the same letter were not different.  $\alpha=0.05$

CCT	AIM	Mean
Warm	AIM 1	53,6 $\pm$ 23,5 bc
	AIM 2	58,2 $\pm$ 22,7 a
	AIM 3	55,8 $\pm$ 25,0 ab
Cool	AIM 1	42,6 $\pm$ 24,6 d
	AIM 2	50,6 $\pm$ 23,5 c
	AIM 3	51,1 $\pm$ 26,8 c

#### 4. Discussion

Our study investigated the assessment of lighting conditions by users in a hotel room. The lighting conditions varied in terms of illuminance (dim or bright) and CCT (warm or cool). This study showed differences in liking between the same four lighting conditions depending on three situations (LEISURE, WORK, BATHROOM). In the situation of leisure, users liked the most a subdued luminous environment (dim 100lx - warm 2700 K). However, while working or looking at him/herself in a bathroom mirror, users expressed a preference for the brightest and warmest lighting (Table 12).

Table

**Table 12 : Summary of preferred lighting conditions according to the situations**

	<b>Dim Warm</b>	<b>Bright Warm</b>	<b>Dim Cool</b>	<b>Bright Cool</b>
<b>LEISURE</b>	The most liked	-	-	The least liked
<b>WORK</b>	The least liked	The most liked	The least liked	-
<b>BATHROOM</b>	The least liked	The most liked	The least liked	-

Our finding allowed distinguishing two axes in the preference of luminous environment according to the situation experienced: 1) for leisure time, the subdued lighting are expected to create mood lighting; 2) for situations where users are expecting to feel a visual comfort to do tasks, they are expecting a functional lighting. These results are in accordance with the discourses analyses of customers collected in the exploratory study in previous work (Fernandez, in press). This previous study highlighted the situations experienced during a stay in a hotel by business customers according to customers' expectations and needs in terms of light. These expectations are driven both from an aesthetic perspective and a functional one. The present study selected three representative activities according to the situations, in order to emphasize the influence on the activity on the lighting perception. Our study compared the liking of lighting conditions in two situations in the bedroom and one in the bathroom. Although our choice of activities was based on discourse analyses of customers as the most important one (Fernandez, in press), there are other activities experienced during a hotel stay, such as entertaining a guest, eating, phoning, etc.. Fernandez listed the different activities expressed by customers of hotel during interviews, as previous authors did in the residential context (Butler & Biner, 1987; Nakamura & Karasawa, 1999; Van Erp, 2008). Based on these studies, the assessment of lighting quality depends on the purpose of the room and the activities to be carried out (Lau, 1972). Two experiments were conducted later to obtain preferences for lighting levels, judgments of the importance of lighting levels and judgments about desirability of controlling lighting levels for 43 behaviours settings of college students



(Butler & Biner, 1987). Results indicated large differences in the variety of lighting preferred illumination, that is, importance was greater for behaviour settings preferred either dark or bright. In residential rooms' context, studies have shown that the preferred combinations of illuminance and colour temperature vary depending on the living activities (Nakamura & Karasawa, 1999). Results of each study showed an influence of the activity experienced on the preference of lighting atmosphere. In the present case, it will be interested to go broaden in the situations to study each lighting condition adapted to them.

The users have no option to settle down to their liking in the room to do the tasks during the situations. These experimental constraints were fixed in order to limit bias in the perception of light environments and to allow a comparison of the responses of these users. Finally, in order to limit the length of the study, the lighting condition undertaken by the users lasted two minutes. This length is quite short comparing previous works in environmental psychology. Subjects are usually staying in a luminous setting for at least a couple of hours in order to confirm if this variable really generates any effects on their mood or cognitive performance (Knez, 1995). The present study aimed at better understand the global assessment influenced by difference global appearance, and not the change in performance of the users. This last point justifies the difference of length in the different studies. However, in order to validate the results of the present study, it will be interesting to study the appreciation of the lighting conditions during a whole length of a real stay in the hotel room, by real customers.

Regarding the influence of the individual characteristics on lighting conditions assessment, the results were in the line with the literature dealing with lighting issues in the hospitality industry, even if few results are available. Results showed an influence of gender and age of the customers, as expected based on the literature results. Several authors recommend also considering better the individual characteristics of the occupants for designing new buildings considering their welfare (McCloughan, Aspinall, & Webb, 1999).

Age and gender interacted with the illuminance and the colour temperature of the lighting causing different kind of mood shifts (Knez & Kers, 2000) although the direction of the effect is not clear. In this study, in a working context in offices, women would prefer the warm lighting conditions (3000 K) of low quantity of light (300lx). In comparison with men who would prefer lighting conditions defined by a colder (4000K°) and brighter light (1500 lx).

In the same time, an interaction between the perceived lighting quality and age of occupants was found (Knez & Kers, 2000). The authors show differences in preferences in terms of

lighting quantity due to age, the amount of light preferred by young adults (> 23 years) is larger than estimated by older people. Furthermore, studies show a difference in perception of the colour of the light environment, depending on the age of the individuals interviewed. The environment is perceived to be cooler (bluish) in young adults than older people. One reason for the difference of perception is physiological: the lens become yellow for elderly people and might change their perception. These results suggest that the colour of an environment could communicate different emotional meanings (Buck, 1984) depending on the age of the occupant (Rapoport, 1982).

Regarding individuals differences, it can be noted that most of the people interviewed in our study, were business customers coming from the north of France. Past studies highlighted the influence of culture on preference in terms of luminous environment (Park, *et al.*, 2010) and the geographical situation of residence. For instance, Asian culture is known to prefer cold lights even for leisure (Veitch, 2001, Lee, 08). Our results might have been different and less consensual if the culture and place of residence of the customers interviewed were more varied.

Finally, the present study focused on a middle range hotels brand, mainly receiving business customers. It will be interesting for further works to consider other classifications of hotels to study the impact of luminous environment on customers' expectation, in entry level and luxury hotel brands, as suggested by Countryman in the study of the assessment of lighting condition in hotel lobby (Countryman & Jang, 2006).

Our study focused on the influence on the lighting parameters on perception without considering the control system of the luminous environment. However, as it was found in an earlier study, lighting control system is a key factor in the appreciation of luminous environment (Fernandez, *in press*). Old single light bulbs were controlled using a single switch -- on and off -- but LED-based lighting systems have introduced radically new possibilities (Aliakseyeu, van Boerdonk, & Mason, 2011). Actually, LED-based lighting systems can easily consist of hundreds separate lighting sources, each source having many individually controllable parameters including colour and intensity. With this high complexity, end-users cannot expect to fully control all aspects of the lighting system but the simple light switch is not sufficient anymore to control lighting. Furthermore, design matters for the degree to how much use is dependent on user behaviour and how much on automatic functions. As proliferation of LED light continues, it becomes more important to go beyond

scattered design efforts and systematically study user interaction with emerging lighting systems to define directions for new forms of user interaction with the light.

All the above remaining questions are central for the development of user-centred lighting systems, allowing the delivery of pleasurable atmosphere and customer satisfaction in the hospitality industry.

### **Acknowledgements**

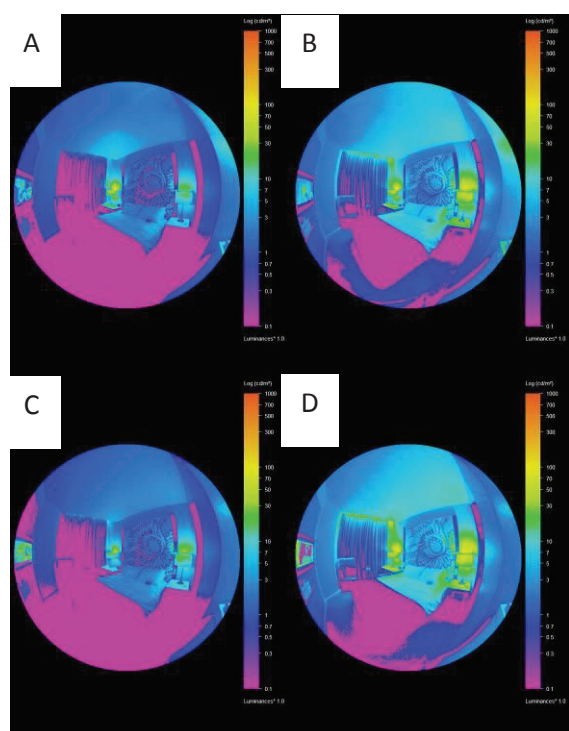
We thank Mr. Didier CINQUEUX, hotel manager of Mercure Lyon Beaux Art for his help, as well as interviewed customers for their time and consideration. We also thank Camille SCHWARTZ for her helpful constructive advice and Solveig NISSEN for providing language help. We also acknowledge the companies that supported and contributed to this project: ACCOR, SCHNEIDER ELECTRIC, PHILIPS LIGHTING, SOMFY and EDF.

## REFERENCES

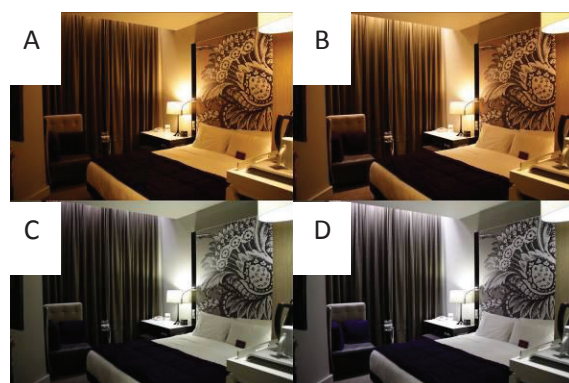
- Aliakseyeu, D., van Boerdonk, K., & Mason, J. (2011). *User Interaction Techniques for Future Lighting Systems*. Paper presented at the Interaction Techniques for Future Lighting Systems, Lisbon, Portugal.
- Alonso, A. D., & Ogle, A. (2008). Exploring design among small hospitality and tourism operations. *Journal of Retail & Leisure Property*, 7(4), 325-337.
- Baker, J., Grewal, D., & Parasuraman, A. (1994). The influence of store environment on quality inferences and store image. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 22(4), 328-339.
- Baron, R. A., Rea, M. S., & Daniels, S. G. (1992). Effects of indoor lighting (illuminance and spectral distribution) on the performance of cognitive tasks and interpersonal behaviors: The potential mediating role of positive affect. *Motivation and Emotion*, 16(1), 1-33.
- Barsky, J. D., & Huxley, S. J. (1992). A Customer-Survey Tool. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 33(6), 18-25.
- Boray, P., Gifford, R., & Rosenblood, L. (1989). Effects of warm white, cool white and full-spectrum fluorescent lighting on simple cognitive performance, mood and ratings of others. *Journal of Environmental Psychology*, 9(4), 297-307.
- Buck, R. (1984). *The communication of emotion*. New York: Guilford.
- Butler, D. L., & Biner, P. M. (1987). Preferred Lighting Levels : Variability among Settings, Behaviors, and individuals. *Environment and Behavior*, 19(6), 695-721.
- Countryman, C., & Jang, S. (2006). The effects of atmospheric elements on customer impression: the case of hotel lobbies. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 18(7), 534-545.
- Dubé, L., Enz, C. A., Renaghan, L. M., & Siguaw, J. (1999). Best Practices in the U.S. Lodging Industry. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 40(4), 14-27.
- Flynn, J. (1977). Study of subjective responses to low energy and non uniform lighting systems. *Lighting Design and Application: LD and A*, 7(2), 6-15.
- Knez, I. (1995). Effects of indoor lighting on mood and cognition. *Journal of Environmental Psychology*, 15(1), 39-51.
- Knez, I., & Kers, C. (2000). Effects of indoor lighting, gender, and age on mood and cognitive performance. *Environment and Behavior*, 32(6), 817-831.
- Larsen, R.J. and Diener, E. (1987). Affect intensity as an individual difference characteristic: A review. *Journal of Research in Personality*, 21 (1). 1-39.
- Lau, J. J. H. (1972). Use of scale models for appraising lighting quality. *Lighting Research and Technology*, 4(4), 254-262.
- Lee, E., Park, N., (2008). Cross-cultural analysis of residential design and housing behaviors: The case of Koran households in the United States. *Interior Design Educator's Council International Conference*, 681-690.
- McCloughan, C. L. B., Aspinall, P. A., & Webb, R. S. (1999). The impact of lighting on mood. *Lighting Research and Technology*, 31(3), 81-88.

- Nakamura, H., & Karasawa, Y. (1999). Relationship between illuminance/color temperature and preference of atmosphere. *Journal of Light & Visual Environment*, 23(1), 1-1.
- Park, N., Pae, J., & Meneely, J. (2010). Cultural Preferences in Hotel Guestroom Lighting Design. *Journal of Interior Design*, 36(1), 21-34.
- Rapoport, A. (1990). *The meaning of the built environment: A nonverbal communication approach*. University of Arizona Press, 1990.
- Rutes, W., Penner, R., & Adams, L. (2001). *Hotel design, planning, and development*. New York : WW Norton & Company.
- Siguaw, J., & Enz, C. (1999). Best practices in hotel architecture. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 40, 44-49.
- Tiller, D. K., & Rea, M. S. (1992). Semantic differential scaling: Prospects in lighting research. *Lighting Research and Technology*, 24(1), 43-51.
- Van Erp, T. (2008). *The effects of lighting characteristics on atmosphere perception*. Eindhoven University of Technology, Eindhoven.
- Veitch, J. A. (2001). Psychological processes influencing lighting quality. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 30, 124-140.

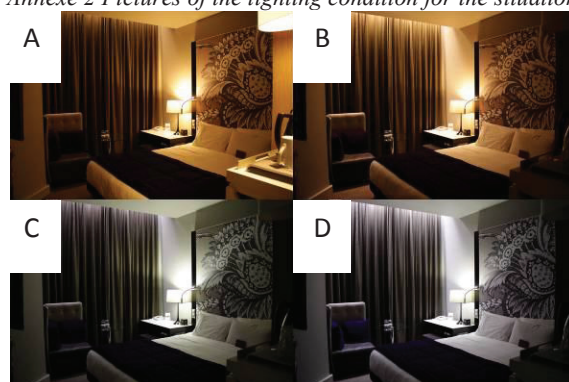
## ANNEXE



Annexe 1 Photometric diagnosis. Representation of the lighting condition with the Photolux software (Dumortier, 2008). A. Low-WW; B: High-WW; C: Low-CW; D: High-CW

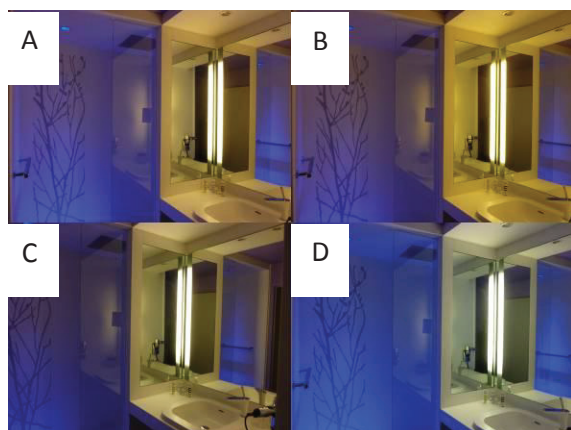


Annexe 2 Pictures of the lighting condition for the situation of leisure. A. 30WW; B: 100WW; C: 30CW; D: 100CW



Annexe 3 Pictures of the lighting condition of the situation of work. A. 30WW; B: 100WW; C: 30CW; D: 100CW





Annexe 4 Pictures of the lighting conditions of the situation in the bathroom. A.30WW; B: 100WW; C: 30CW; D: 100CW

	LOW WW	BRIGHT WW	LOW CW	HIGH CW
<b>Leisure</b> 	PREFERRED	-	-	LESS PREFERRED
<b>Work</b> 	LESS PREFERRED	PREFERRED	LESS PREFERRED	PREFERRED
<b>Bathroom</b> 	NS	PREFERRED	LESS PREFERRED	NS

Annexe 5: Pictures of the preference of lighting conditions according to the undertaken situation

## Figure Captions

Figure 1: Plan of the experimental room.....	172
Figure 2: View of the hotel room and the bathroom .....	172
Table 1: Type, position and photometrical parameters of lamps installed in the hotel room.....	173
Table 2: Design of the study.....	174
Table 3: ANOVA table of lighting parameters and situation undertaken on the appreciation. ( $\alpha=0.05$ ) .....	176
Table 4: Mean of liking depending on the illuminance and the situation undertaken.....	176
Table 5: Mean of liking depending on the CCT and the situation undertaken.....	177
Table 6: Mean of liking depending on the illuminance and CCT during the three situations undertaken. ....	178
Table 7: ANOVA table of the interactions between situations, lighting parameters and individual characteristics on liking. $\alpha=0.05$ .....	179
Table 8: Mean of liking depending on gender and situations undertaken. Letters illustrate the results of multiple means comparisons, Newmann Keuls test: Means with the same letter were not different at $\alpha=0.05$ .....	180
Table 9: The interaction effect of illuminance and age on the assessment of the hotel room. ....	180
Table 10: Mean ratings of the interaction between CCT and gender. ....	181
Table 11: Mean ratings of the interaction between CCT and AIM. ....	181
Table 12 : Summary of preferred lighting conditions according to the situations .....	182



En résumé, cette étude a cherché à montrer les effets des paramètres de l'éclairage, de l'usage et des caractéristiques inter-individuelles sur le jugement d'appréciation des usagers d'une chambre d'hôtel en situation réelle. Sur la base des résultats des deux phases précédentes, 203 clients d'hôtel ont été sollicités pour évaluer en situation réelle, plusieurs scénarios d'éclairage dans trois situations d'usage différentes (DETENTE, TRAVAIL, SALLE DE BAINS). Les paramètres de l'éclairage variables étaient la température de couleur (blanc chaud: 2700 K et blanc froid: 4200 K) et la quantité de lumière (30% et 100% des éclairagements moyens). Les principaux résultats ont montré une influence de la situation d'usage sur l'évaluation des environnements lumineux. En effet, un éclairage à faible quantité de lumière et à température de couleur chaude (30 BC) a été préféré pour la situation de détente alors qu'un éclairage plus intense (100 BC et 100 BF) était attendu pour des situations de travail ou dans la salle de bains. Concernant les différences inter individuelles, la perception de la quantité de lumière est modulée par un effet d'âge : les usagers de plus de 50 ans attribuent des notes d'appréciation plus grandes aux scénarios à forte quantité de lumière. La perception de la température de couleur de l'environnement semble être modulée par le genre des usagers interrogés : les hommes ont attribué des notes d'appréciation plus grandes aux scénarios à teinte froide, comparées aux femmes. Cependant, les différences d'appréciation pour les scénarios en blanc chaud n'étaient pas significatives. Par ailleurs, la mesure de l'intensité affective des usagers interrogés semblent moduler également les notes d'appréciation des scénarios variables en termes de température de couleur. L'un des trois groupes identifiés semble donner des notes d'appréciation plus basses quelle que soit la température de couleur, en comparaison aux deux autres groupes. Le groupe AIM 1 semble avoir un jugement plus sévère pour évaluer les scénarios à températures de couleur variables. Cependant, les caractéristiques inter-individuelles ne semblent pas avoir d'effet sur l'interaction combinée des deux paramètres d'éclairage testés : la quantité de lumière et la température de couleur.

Compte tenu de ces résultats et des phases d'études antérieures, la question méthodologique relative à la formulation de la question pour recueillir les jugements d'appréciation reste ouverte. Elle est abordée dans la section suivante.

### **3. Discussions méthodologiques**

#### **3.1. Comparaison du jugement d'appréciation en fonction du mode de questionnement**

La phase d'aide à la conception d'environnement lumineux (chapitre 6) a utilisé une méthodologie axée sur des choix pour faire apparaître les scénarios les plus appréciés et les scénarios les moins appréciés. Cette méthodologie ne nous a pas semblé optimale pour mettre en évidence les effets des paramètres étudiés *a posteriori*, tels que les effets du genre et de l'âge. En effet, les résultats de la phase 2 ne semblaient pas montrer des effets de l'âge et de genre, alors que différents travaux de la littérature en faisaient état. C'est pourquoi, une méthodologie complémentaire a été utilisée dans cette étude. Nous avons procédé à l'analyse de notes d'appréciation couplée à l'analyse des fréquences de choix des scénarios d'éclairage. Les données obtenues via les évaluations sont des données paramétriques qui offrent la possibilité d'étudier des analyses de variances, analyses statistiques qu'il n'est pas possible de faire sur les données non paramétriques telles que nous les avons recueillies.

D'autre part, la littérature récence les deux types d'approche, l'étude de l'évaluation des environnements lumineux, via l'utilisation d'échelles linéaires continues et l'étude des préférences via l'étude des choix par comparaisons d'environnements lumineux.

Les sections suivantes ont pour but de comparer les résultats obtenus par la méthode de l'évaluation sur échelle et la méthode des choix et d'en retirer les avantages à l'étude du jugement d'appréciation en situation réelle.

##### ***3.1.1. Recueil des données***

La méthodologie utilisée pour recueillir les notes d'appréciation des quatre scénarios d'éclairage est présentée dans la section précédente.

La méthodologie utilisée pour obtenir les fréquences de choix des scénarios les plus appréciés et les moins appréciés, se décline comme suit.

Pour chacune des situations, après avoir vu l'ensemble des scénarios, l'utilisateur choisissait parmi les scénarios proposés celui qu'il lui plaisait le plus et celui qui lui plaisait le moins. Pour ce faire, les usagers répondaient aux deux questions « *Parmi les quatre ambiances proposées pour le moment de travail, quelle est celle qui vous plaît le moins?* » et « *Parmi les quatre ambiances proposées pour le moment de travail, quelle est celle qui vous plaît le plus?* » en cochant une case correspondant au scénario choisi (voir le détail du questionnaire en Annexe A7c. du manuscrit). A noter que le choix a été fait selon un processus mémoriel, les scénarios n'étaient pas présentés à nouveau à cette étape de l'étude.

Afin de montrer les différences de préférences, les résultats ont été analysés via un test de Khi<sup>2</sup>. Cette statistique de test permet de vérifier l'indépendance de plusieurs variables. Les résultats des tests permettent alors d'affirmer ou non si les scénarios ont significativement été choisis comme les plus appréciés.

### 3.1.2. Résultats

Les résultats présentent les jugements d'appréciation pour les quatre scénarios d'éclairage, par situation et par méthodologie.

#### • La situation de détente

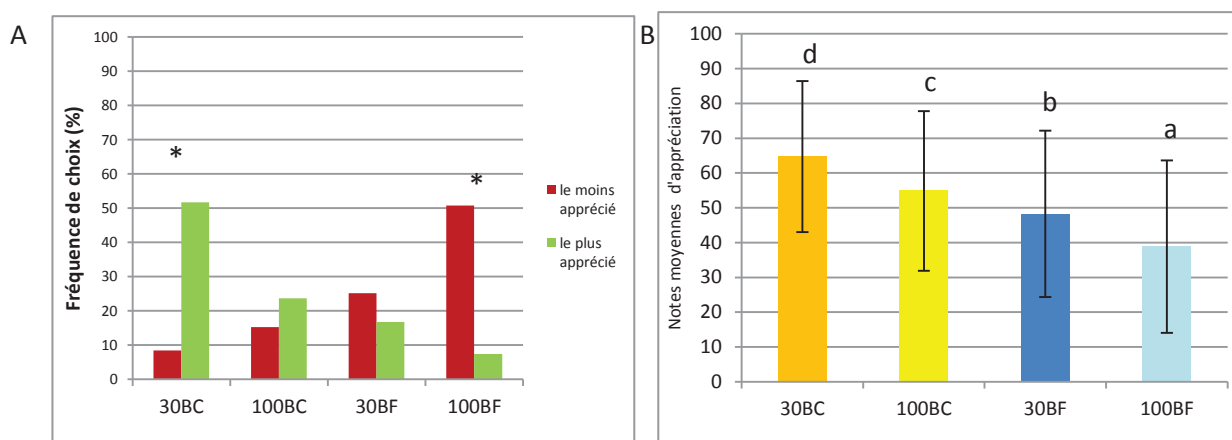


Figure 24 : Les jugements d'appréciation pour chacun des quatre scénarios d'éclairage pour la situation de détente. 30BC : Scénario à faible quantité de lumière à 2700 K, 100BC: Scénario à forte quantité de lumière à 2700 K, 30 BF: Scénario à faible quantité de lumière à 4200 K, 100BF: Scénario à forte quantité de lumière à 4200 K. A. La distribution des fréquences de choix pour chacun de scénario (Test du Khi<sup>2</sup>,  $\alpha=0,01$ ) ; B. Les notes moyennes d'appréciation  $\pm$  SD (tests post hoc Newman-Keuls,  $\alpha=0,01$ ).

La figure 24A. montre la distribution des fréquences pour le choix des usagers de chaque scénario selon s'il a été le moins apprécié (en rouge foncé) ou le plus apprécié (en vert clair). La figure montre de manière significative que le scénario à faible quantité de lumière et à température de couleur chaude (30 BC) a été plus fréquemment choisi comme le plus apprécié que comme étant le moins apprécié. Inversement, le scénario à forte quantité de lumière à teinte froide (100 BF) a été le plus souvent choisi comme le moins apprécié que comme étant le plus apprécié. Les distributions sont statistiquement différentes ( $p<0,001$ ). Les deux autres scénarios (100 BC et 30 BF) ont été autant de fois choisis comme étant les plus appréciés que comme étant les moins appréciés. Les distributions respectives de chaque scénario n'étaient pas différentes statistiquement. Donc, au vu de ces résultats, le scénario préféré était le scénario 30 BC et le rejeté est le 100 BF.

Si l'on compare ces résultats à ceux des notes d'appréciation (figure 24B.), les résultats sont similaires. La meilleure note d'appréciation a été attribuée au 30 BC, la moins bonne au scénario 100 BF. Bien que la comparaison multiple de moyennes distingue statistiquement les notes attribuées pour les quatre scénarios, cette différence n'a pas d'incidence sur le choix final des scénarios à sélectionner ou à ne pas considérer dans la conception des environnements lumineux. Les deux méthodes identifient le scénario 30 BC comme scénario préféré et le 100 BF comme le scénario rejeté. Cependant, la méthode des choix est plus précise quand à la visibilité des préférences des usagers vis-à-vis des scénarios évalués.

- La situation de travail

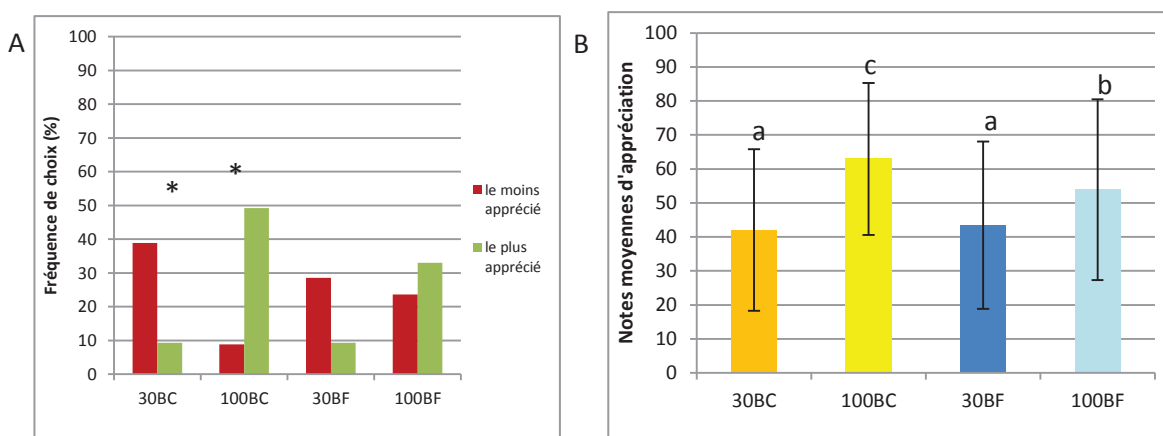


Figure 25 : Les jugements d'appréciation pour chacun des quatre scénarios d'éclairage pour la situation de travail. 30BC : Scénario à faible quantité de lumière à 2700 K, 100BC: Scénario à forte quantité de lumière à 2700 K, 30 BF: Scénario à faible quantité de lumière à 4200 K, 100BF: Scénario à forte quantité de lumière à 4200 K. A. La distribution des fréquences de choix pour chacun de scénario (Test du  $\chi^2$ ,  $\alpha=0,01$ ) ; B. Les notes moyennes d'appréciation  $\pm$  SD (tests post hoc Newman-Keuls,  $\alpha=0,01$ ).

La figure 25 présente les jugements d'appréciation pour les quatre scénarios dans la situation de travail. La figure 25A. montre que le scénario à forte quantité de lumière et à température de couleur chaude (100 BC) a été le plus souvent choisi comme étant le plus apprécié que comme étant le moins apprécié. Les deux distributions sont statistiquement différentes ( $p<0,001$ ). Inversement, le scénario à faible quantité de lumière et à température de couleur chaude (30 BC) a été le plus souvent choisi comme étant le moins apprécié que comme étant le plus apprécié. Les deux distributions sont statistiquement différentes ( $p<0,001$ ). Par contre, les distributions de fréquences de choix pour les deux autres scénarios (30 BF et 100 BF) ne sont pas significativement différentes. Les deux scénarios 30 BF et 100 BF dans la situation de travail ont donc autant été sélectionnés comme le plus apprécié et comme le moins apprécié par les usagers.

Si l'on compare ces résultats aux moyennes des notes d'appréciation (Figure 25B.), les résultats sont similaires. Le scénario ayant la meilleure note d'appréciation est le scénario forte quantité de lumière

en blanc chaud. Par contre les notes d'appréciation des scénarios à faible quantité de lumière (30 BC et 30 BF) ne sont pas significativement différentes entre elles. Autrement dit, selon la méthode d'évaluation, le scénario 30 BF apparaît comme le moins apprécié alors que dans la méthode des choix, la différence entre la distribution des choix pour le scénario le plus apprécié et le scénario le moins apprécié n'est pas significative. Autrement dit, le scénario 30 BF a statistiquement été aussi souvent été choisi comme le plus apprécié que le moins apprécié.

Une fois encore, au regard des résultats pour la situation de travail, la méthode des choix est plus précise pour la description des préférences que la méthode de l'évaluation.

- La situation dans la salle de bains

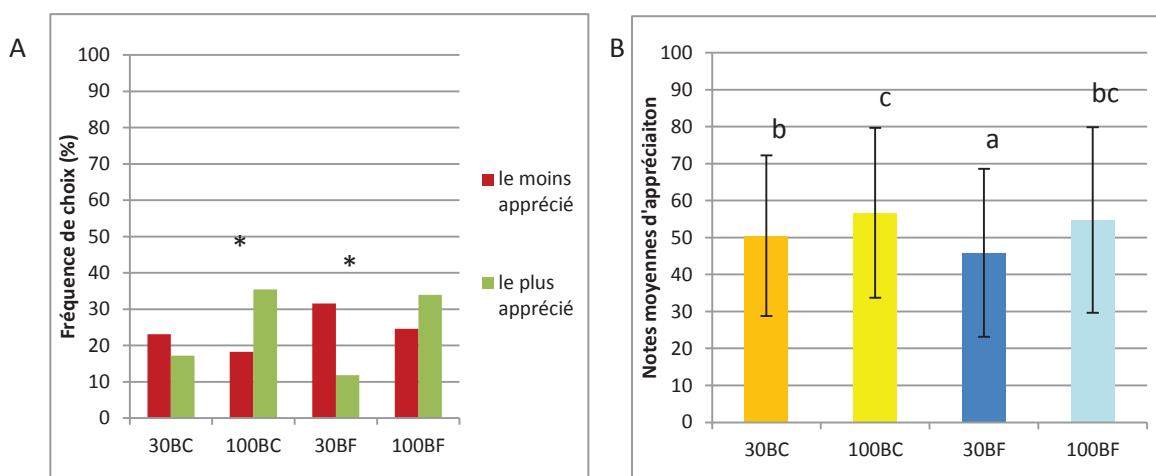


Figure 26 : Les jugements d'appréciation pour chacun des quatre scénarios d'éclairage pour la situation soin du visage. 30BC : Scénario à faible quantité de lumière à 2700 K, 100BC: Scénario à forte quantité de lumière à 2700 K, 30 BF: Scénario à faible quantité de lumière à 4200 K, 100BF: Scénario à forte quantité de lumière à 4200 K. A. La distribution des fréquences de choix pour chacun de scénario (Test du  $\chi^2$ ,  $\alpha < 0,01$ ). B. Les notes moyennes d'appréciation  $\pm$  SD (tests post hoc Newman-Keuls,  $\alpha < 0,01$ ).

La figure 26 illustre les jugements d'appréciation des scénarios pour la situation dans la salle de bains. La figure 26A. montre que le scénario à forte quantité de lumière et à température de couleur chaude (100 BC) a été plus souvent choisi comme étant le plus apprécié que comme étant le moins apprécié. Inversement, le scénario à faible quantité de lumière à température de couleur froide (30 BF) a été le plus fréquemment choisi comme étant le moins apprécié que comme étant le plus apprécié. Les distributions sont statistiquement différentes. Les deux autres scénarios ont été autant de fois choisis comme étant les scénarios les plus appréciés que comme étant les moins appréciés. Les distributions respectives de chaque scénario ne sont pas différentes statistiquement. Donc ces résultats montrent que le scénario préféré était le scénario 100 BC et le scénario rejeté était le 30BF. Si l'on compare ces résultats à ceux des notes d'appréciation (Figure 26B.), les résultats sont similaires. Le scénario ayant obtenu la moins bonne note d'appréciation est le scénario à faible

quantité de lumière en blanc froid (30 BF) et le scénario à la plus grande note d'appréciation est le scénario à forte quantité de lumière à teinte chaude (100 BC). Cependant, la note d'appréciation obtenue pour ce dernier scénario n'est pas statistiquement différente de la note d'appréciation du scénario à forte quantité de lumière à teinte froide (100 BF). Autrement dit, les résultats ne montrent pas de différence d'appréciation entre les scénarios à forte quantité de lumière, quelle que soit la température de couleur. Or, les résultats de la méthode des choix (Figure 26A) montrent que la distribution des fréquences de choix du scénario 100BF comme étant le plus apprécié ou comme étant le moins apprécié, n'est pas statistiquement différente. Le scénario 100BF a aussi fréquemment été choisi comme étant le plus apprécié que comme étant le moins apprécié.

La méthode des choix est donc plus précise pour décrire les préférences des usagers au regard des environnements lumineux. D'un point de vue applicatif, si l'étude s'était limitée uniquement à la méthode des évaluations, les recommandations auraient pu être formulées en faveur des scénarios à forte quantité de lumière quelle que soit la température de couleur, alors que la méthode des choix préconise uniquement la température de couleur chaude.

### 3.1.3. Discussions

Autrement dit, les résultats obtenus avec les deux approches (évaluation *versus* préférences) sont similaires. Les scénarios qui ont été choisis le plus fréquemment comme étant les plus appréciés et le moins fréquemment comme étant les moins appréciés ont toujours les meilleures notes. Et inversement. Cependant, la méthode basée sur les notes d'appréciation ne permet pas de distinguer si un même scénario a été autant préféré que rejeté, comme cela a été mentionné pour le scénario 30BF et 100BF respectivement dans la situation de travail et dans la salle de bains.

Selon nous, ces deux approches sont complémentaires. Bien que l'approche par les choix semble être plus précise, la méthode des évaluations est pour autant nécessaire à la mesure de l'appréciation. En effet, il est toujours possible de faire un choix parmi deux stimuli très peu appréciés ou non appréciés. Si les stimuli ne sont pas appréciés alors les répartitions s'apparenteront à une distribution partagée entre les différents stimuli, typique du hasard. Si les scénarios sont peu appréciés, seule la méthode des évaluations pourra en rendre compte, par une moyenne basse des notes d'appréciation.

Par ailleurs, la méthode des choix est d'un usage plus commun relativement à la méthode des évaluations. Par principe, les individus ne sont pas familiers à l'usage d'échelles linéaires pour exprimer une préférence, contrairement à la méthode des choix car ce type de comportement définit le quotidien de tout individu.

Dans la mesure du possible, nous préconisons d'utiliser les deux approches d'évaluation et de choix afin de décrire précisément le jugement d'appréciation. Cependant, cette recommandation doit être

modulée en fonction des objectifs de l'étude. Dans le domaine opérationnel, les délais sont souvent trop courts pour intégrer l'analyse des données issues des deux types d'approche. Nous rappelons que la méthode des choix n'est pas optimale pour étudier des effets *a posteriori* pour expliquer la variation, comme l'influence des caractéristiques inter-individuelles. Cependant cette méthode devrait être préférée lorsque la population ciblée de l'étude est peu familière au système de notation sur échelle.

Parallèlement aux approches quantitatives, l'étude des jugements d'appréciation est possible via des approches dites qualitatives. Flynn (Flynn, *et al.*, 1973), puis Boyce (Boyce & Cuttle, 1990) furent les premiers dans le domaine de l'éclairage à accorder un intérêt aux commentaires spontanés, exprimés à l'oral ou à l'écrit, par les sujets au cours des expérimentations. Les travaux de Boyce ont montré que les sujets s'exprimaient en termes de quantité de lumière pour décrire les environnements lumineux auxquels ils étaient confrontés. En effet, les sujets s'exprimaient en termes de luminosité perçue et de clarté. Aucune mention spécifique n'était portée sur la teinte de la lumière alors que les scénarios testés variaient en termes de quantité de lumière et de température de couleur.

Afin de comprendre les différences de perception relatives aux variations d'environnements lumineux, les sections suivantes de ce chapitre sont dédiées à l'analyse des verbatim issus de l'étude en situation réelle par les usagers de la chambre d'hôtel.

### 3.2. Analyse sémantique du discours relatif à la perception des environnements lumineux

L'étude du caractère global d'un concept, ici le jugement d'appréciation d'une chambre d'hôtel, peut être traité via l'analyse de certains indices dans le discours, permettant d'identifier les propriétés perceptives qui structurent les représentations en mémoire. Cependant, il est important de noter que les représentations sensibles sont des structures cognitives construites intégrant des représentations mémorisées issues des perceptions des différentes modalités sensorielles, et des connaissances liées à l'utilisation des objets en contexte, intégrant leur finalité et leurs fonctionnalités. Les catégories cognitives des représentations sensibles ne correspondent pas de manière simple et univoque aux catégories descriptives des sciences physiques (Mzali, 2002)

Les analyses lexicales permettent de repérer les termes pertinents pour les individus autant pour désigner que pour évaluer. Gaëlle Delepaut, lors d'une thèse de doctorat en linguistique cognitive sur la notion de confort en train, a utilisé les termes employés par les voyageurs pour l'élaboration d'un questionnaire (Delepaut, 2007). En effet, de ce champ de recherche nous retiendrons que « La

*spécificité du fonctionnement cognitif individuel est identifiable à travers le langage, ce qui permettra de prendre en compte les sensations personnelles* » (Delepaut, 2007). Cette démarche a été retrouvée dans le domaine de l'éclairage et évoquée précédemment dans le chapitre 2 de ce manuscrit. Ingrid Vogels, afin de proposer un questionnaire dont le sens des mots utilisés soit partagé par l'ensemble des individus interrogés, propose de fonder la conception d'un questionnaire sur une analyse de corpus de texte, recueilli au préalable auprès de clients. Le contexte dans lequel Vogels se plaçait, était les magasins. Notre démarche est similaire. Les mots utilisés par les clients d'hôtel pour décrire les environnements en fonction de leurs préférences ont été relevés. Nous faisons l'hypothèse que le contenu sémantique de la description d'un environnement apprécié est différent de la description du même environnement décrit par un usager dont le jugement d'appréciation est différent. Par principe, il s'agit d'analyser les mots utilisés par les usagers en fonction de leur préférence et de comparer les fréquences d'occurrence de chacun d'eux pour faire apparaître des similitudes ou des différences dans le discours.

Pour ce faire, l'analyse des verbatim s'est déclinée en deux temps. Le premier a consisté au regroupement sémantique de l'ensemble des mots utilisés par les usagers pour décrire leur environnement. Le deuxième a consisté, via une méthode d'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC), à comparer le profil perceptif de chacun des scénarios en fonction de la situation vécue et du fait que le scénario ait été préféré ou non.

### 3.2.1. Recueil des données verbales

Les 203 usagers sollicités dans l'étude en situation réelle avaient la possibilité de renseigner par écrit des commentaires sur leur expérience au moment où ils vivaient les scénarios lors des trois situations étudiées. Aucune consigne spécifique n'était donnée, l'utilisateur avait la possibilité d'inscrire ou de ne pas inscrire de commentaires. D'un point de vue méthodologique, cette dernière condition assure la spontanéité des éléments du discours et reflète l'importance accordée à ce sujet par l'utilisateur.

Pour procéder à l'analyse sémantique du corpus, les commentaires ont été entièrement retranscrits. Les verbatim ont été analysés en fonction de l'objet auquel il faisait référence et de l'adjectif qualificatif associé. Les éléments de comparaison apparents tels que *moins de*, *trop de*, *très-* ont été également considérés. Des regroupements sémantiques ont été effectués afin de mettre dans une même catégorie sémantique, les mots, qui en fonction du contexte dans lequel ils étaient cités, étaient selon nous, synonymes. Lors de situations ambiguës quant à la signification d'un qualificatif, l'attribution de celui-ci à un groupement sémantique se faisait en référence à la définition dans le sens commun. Seuls les verbatim dont l'objet était lié au concept global de l'environnement lumineux (ambiance, décoration, atmosphère) et du concept de lumière (luminosité, éclairage, intensité) ont été analysés. Les résultats sont contenus dans le tableau 14.



## 3.2.2. Résultats

Tableau 14 : Analyse sémantique des adjectifs qualificatifs de la perception des environnements lumineux

Etiquette	Adjectifs qualificatifs à la signification similaire
faible	bas, sombre, insuffisant, faible, pas assez, manque de, juste, tamisé, atténué, crépusculaire, foncé, obscur
fort	direct
lumineux	intense, suffisant, éclairé, clair, élevé, plus de, très, puissant
trop lumineux	éclatant, trop de, beaucoup
jaune	jaune, orange, rouge, doré
chaleureux	chaud, chaleureux
joli	gai, chic, flatteur, joli
blanc	blanc, bleu, gris, stérile, métallique, techno, hôpital, aquarium
froid	froid, glacial, cru, polaire
blafard	blafard, terne, pale, aseptisé, sale, fatigué
lugubre	sinistre, triste, lugubre, livide, pesant, chambre funéraire, glauque, morne, déprimant, cadavérique

banal	classique, banal, neutre, impersonnel
bien	agréable, bien, intéressant, bon, mieux, aime, parfait, apprécié, idéal, correct, ok
contemporain	contemporain, moderne, jeune
naturel	réaliste, réel, lumière du jour
pas naturel	artificiel
cosy	cosy, cocooning, calfeutré, feutré, intime, coquet
doux	doux

reposant	apaisant, calme, serein, relaxant
dynamisant	stimulant, vif, motivant, dynamique, dynamisant
pas dynamisant	soporifique, pas stimulant
pas reposant	fatigant
inutile	pas nécessaire, parasite, superflu
adapté	adéquate, efficace, approprié, confortable, pratique, propice, compatible
pas adapté	difficile, pénible, perturbé
gênant	gênant
agressif	éblouissant, aveuglant, agressif, criard, violent, mal aux yeux

Le regroupement sémantique des adjectifs a été fait autour de trois grandes thématiques. La première regroupe les adjectifs qualificatifs qui renseignent sur la quantité de lumière perçue et la couleur de l'environnement perçue par les usagers. On retrouve les mots tel que *lumineux*, *faible*, *fort*, *blanc*, *blafard* etc.. On constate que les usagers décrivent l'environnement physique en utilisant des adjectifs objectifs (*lumineux*, *brillant*, *bleu*...), et des adjectifs subjectifs et imagés (*cadavérique*, *lugubre*, *violent*). Cependant, quel que soit le point de vue utilisé, objectif ou subjectif, ces verbatim

donnent l'accès aux caractéristiques analytiques en termes physiques sur lesquelles l'utilisateur semble fonder son jugement. La deuxième thématique des regroupements sémantiques fait référence aux qualificatifs qui font référence au jugement d'appréciation de l'utilisateur sans pour autant donner un indice sur les caractéristiques physiques responsables d'un tel jugement. Les mots de cette thématique (*bien, banal, cosy, agréable*) sortis de leur contexte dans le corpus ne donnent que peu d'informations sur l'expérience perceptive de l'utilisateur, si ce n'est la valence hédonique positive ou négative à laquelle ils sont associés. Enfin, la dernière thématique regroupe les mots qui entraînent un effet de l'environnement sur le sujet. On retrouve les mots tels que *reposant, dynamisant, agressif, gênant, violent*. De manière similaire à la thématique précédente, ces qualificatifs sortis de leur contexte au sein du corpus, ne permettent pas de faire le lien entre le jugement de l'utilisateur et les caractéristiques physiques de l'environnement. Cette classification en trois groupes est similaire à celle faite par Vogels sur la caractérisation de l'atmosphère des points de vente perçue par les usagers.

Ces résultats ont montré la faculté des usagers à décrire les environnements lumineux en fonction notamment de la quantité de lumière et de la température de couleur de l'environnement. Ces résultats complètent les travaux de Boyce *et al.* (1973). Ces derniers auteurs affirmaient que la description se faisait sur la quantité perçue de la lumière (luminosité et clarté) alors que nos résultats ont montré la faculté de usagers à s'exprimer sur la couleur perçue de l'environnement.

Ensuite, pour chaque groupement sémantique, le mot avec le plus d'occurrence a été désigné arbitrairement comme étiquette et a été utilisé par la suite comme mot représentant le groupement sémantique pour un traitement statistique descriptif, via une Analyse Factorielle des Correspondances. Les qualificatifs ont été recensés selon s'ils étaient utilisés pour la description d'un scénario lumineux apprécié (préféré) ou non (non préféré). L'analyse Factorielle des Correspondances (AFC) est une méthode statistique descriptive qui nous a permis de représenter graphiquement les regroupements sémantiques en fonction des scénarios décrits. Par convention, l'AFC est construite à travers une matrice présentant en ligne les scénarios d'éclairage étudiés, en indiquant s'ils ont été préférés ou non, et en colonne les différentes étiquettes des qualificatifs utilisés par les usagers pour décrire leurs environnements. La méthode permet de construire des représentations graphiques mettant en évidence des ressemblances et des oppositions entre les lignes et les colonnes du tableau. Dans notre cas, l'AFC permettra de repérer les mots les plus représentatifs de la description des scénarios d'éclairage selon s'ils ont été préférés (Figure 27) ou non (Figure 28).

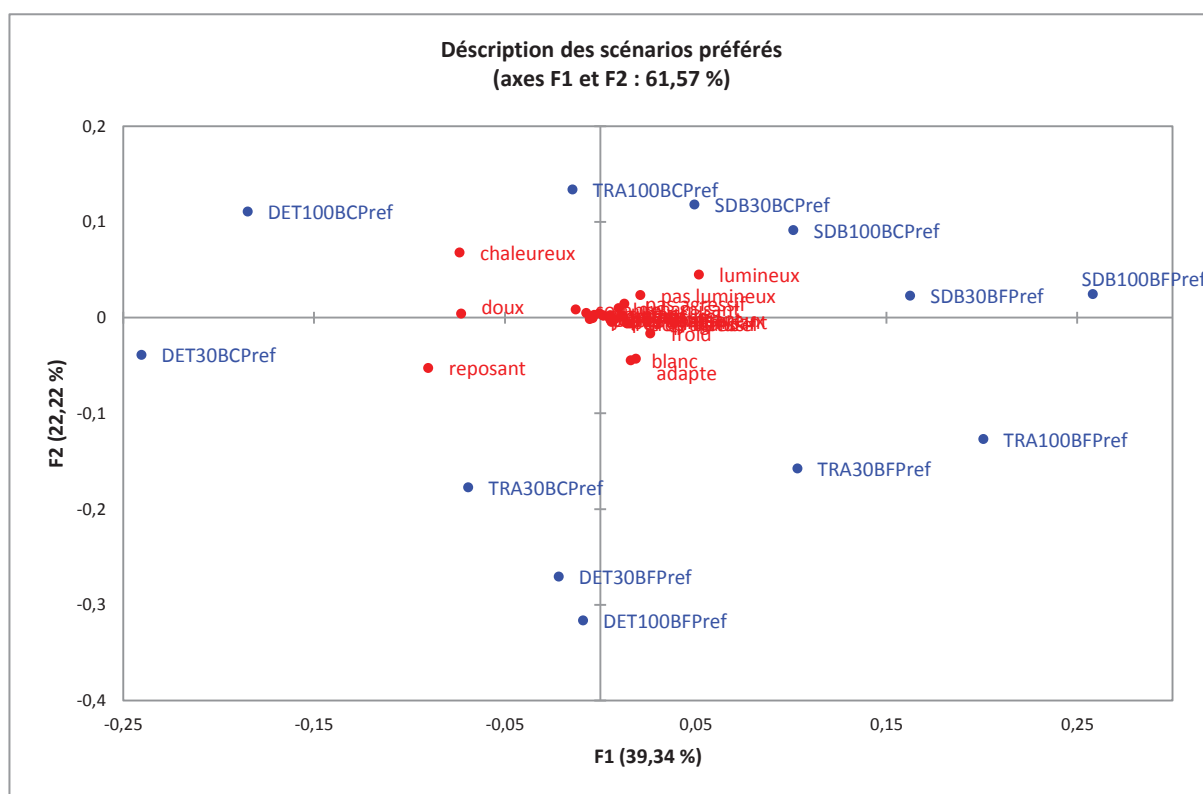


Figure 27 : Visualisation graphique des adjectifs qualificatifs utilisés pour décrire les scénarios d'éclairage préférés ;  
DET : Situation de Détente ; TRA : Situation de Travail ; SDB : Situation dans la Salle De Bains

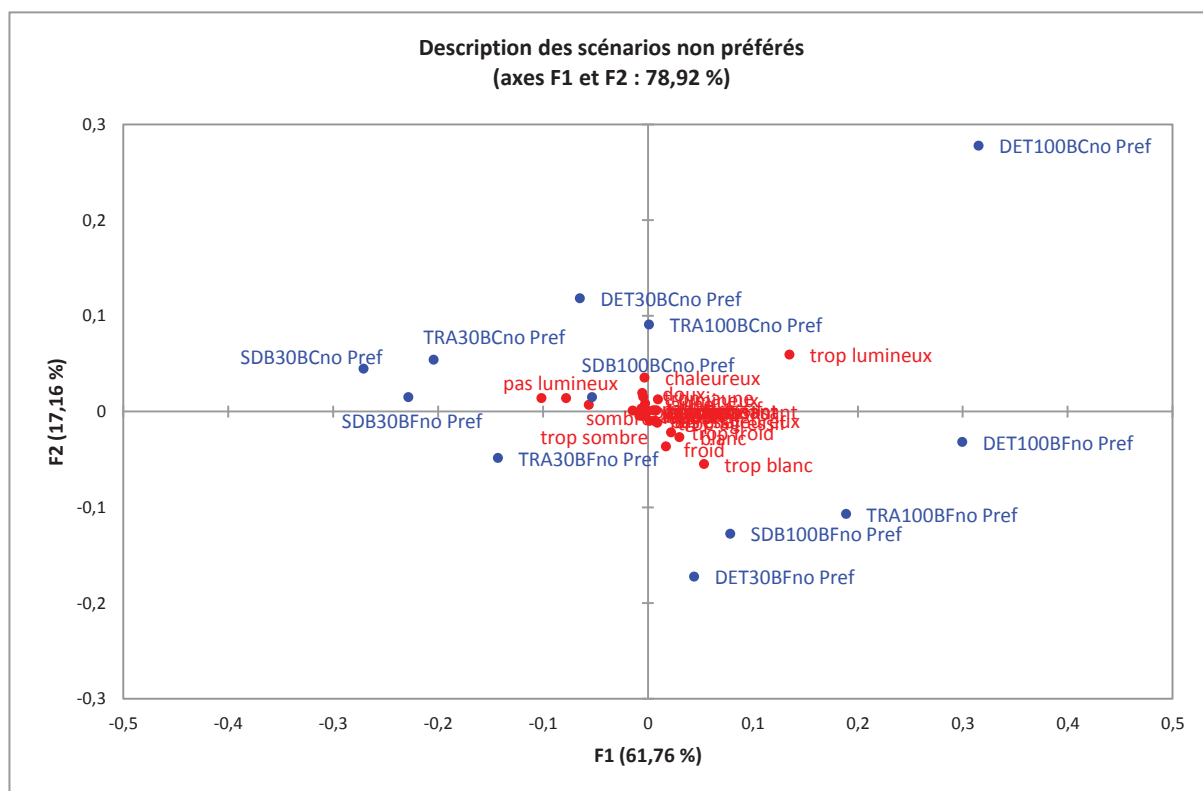


Figure 28 : Visualisation graphique des adjectifs qualificatifs utilisés pour décrire les scénarios non préférés.  
DET : Situation de Détente ; TRA : Situation de Travail ; SDB : Situation dans la Salle De Bains

L'AFC présentée en figure 27 représente 61,6 % de la variation, l'AFC présentée en figure 28 représente 78,9% de la variation. Les composantes principales des deux graphiques semblent être la quantité de lumière pour l'axe horizontal (faible *versus* fort) et la température de couleur pour l'axe vertical (chaud *versus* froid). Les usagers semblent alors décrire l'ensemble des scénarios en fonction de ces deux composantes. Donc, de manière générale, les individus perçoivent les variations de l'environnement lumineux et y associent un jugement d'appréciation.

L'un des objectifs de l'analyse sémantique des verbatim était de comparer les mots utilisés pour décrire les scénarios lorsqu'ils étaient préférés et ceux utilisés pour décrire les scénarios lorsqu'ils n'étaient pas choisis comme étant préférés. Le tableau ci-dessous synthétise les mots utilisés pour décrire les différents scénarios vécus durant les trois situations, selon si les scénarios étaient choisis comme étant les plus appréciés (préférés) ou non (non préférés) (Tableau 15).

Tableau 15 : Les adjectifs qualificatifs pour décrire les scénarios d'éclairage en fonction de la situation et des préférences

Situations	Scénarios	Description des Scénarios préférés	Description des Scénario non préférés
DETENTE	30 BC	reposant, jaune, sombre, doux	trop jaune, chaleureux, lumineux
	100BC	chaleureux, doux	trop lumineux
	30BF		trop froid, blanc, froid
	100BF	blanc, adapté, reposant	trop lumineux, trop blanc
TRAVAIL	30 BC	pas gênant, pas blanc	sombre
	100BC	dynamisant, adapté, lumineux	lumineux, jaune, trop jaune
	30BF		lugubre, pas adapté
	100BF	lumineux, dynamisant	trop agressif, pas chaleureux
SALLE DE BAINS	30 BC	pas lumineux, trop jaune	sombre, pas lumineux, trop sombre
	100BC	agressif, trop jaune	
	30BF	pas agressif, naturel, pas lumineux	sombre
	100BF	naturel	trop agressif, pas chaleureux

Le tableau de synthèse montre qu'en fonction de la situation, les scénarios ne sont pas décrits de la même manière. A titre d'exemple, le scénario à faible quantité de lumière et à teinte chaude est perçu comme étant *reposant, doux, jaune* et *sombre* en situation de détente alors qu'en situation de travail, la dimension reposante n'est pas apparente, il est décrit comme *pas gênant, pas blanc*. Pour la situation dans la salle de bains, le scénario est décrit comme *pas lumineux* et *trop jaune*. De façon similaire, la description du scénario à forte quantité de lumière et à teinte chaude, est décrit comme étant *chaleureux* et *doux* en situation de détente, il devient un scénario *dynamisant* et *lumineux* pour la situation de travail, et *agressif* et *trop jaune* pour la situation dans la salle de bains. Au regard de ces deux exemples, ces résultats montrent que la situation dans laquelle est vécue un scénario d'éclairage, modifie la perception que le sujet en a. De plus, il est intéressant de noter la présence du mot *adapté* comme adjectif qualificatif pour décrire les scénarios d'éclairage. Ce résultat montre bien

que la représentation perceptive d'un objet se fait en corrélation avec l'usage et la finalité pour lequel il a été conçu.

Parallèlement, il est intéressant de noter que les mots utilisés pour décrire les environnements préférés et les environnements non préférés sont différents. A titre d'exemple, on pourra évoquer la dimension *dynamisant* d'un scénario pour les usagers ayant préféré l'environnement qui semble en dimension *trop agressif* pour les usagers n'ayant pas apprécié le scénario. Ainsi, la description différente des scénarios d'éclairage en fonction des préférences pourrait constituer une piste pour expliquer l'hétérogénéité des préférences. En effet, les caractéristiques physiques de l'environnement lumineux sont définies selon différents jugements perceptifs propres à chacun des usagers. Cette segmentation pourrait être une piste alternative à la compréhension des différences inter-individuelles dans les préférences, autre que l'analyse en fonction des caractéristiques individuelles des usagers interrogés.

En définitive, l'analyse des verbatim nous a permis de montrer que les usagers interrogés percevaient les variations d'environnements lumineux, en y associant un vocabulaire spécifique.

Cependant, la littérature dissocie les jugements perceptifs des jugements hédoniques. En effet, plusieurs études ont montré que les individus pouvaient exprimer des différences de luminosité perçue ou de teinte perçue, sans que cela affecte les jugements d'appréciation de l'apparence visuelle globale de l'environnement testé (cf. Chapitre 3). Au regard de cette littérature, les variations d'appréciation des environnements lumineux ne permettent pas de conclure à des variations de perception visuelle. Autrement dit, les variations de jugements d'appréciation observées au travers des approches d'évaluations ou de choix, ne signifie pas que les individus aient perçu les variations des caractéristiques physiques de l'environnement, de manière consciente.

Or, les résultats de l'analyse sémantique des commentaires laissés spontanément par les usagers durant l'expérimentation, ont montré des regroupements sémantiques autour d'adjectifs qualifiant des variations de quantité de lumière et de teintes.

Autrement dit, ces travaux sont bien le résultat des variations des jugements perceptifs et hédoniques d'usagers en situation, relativement à des variations d'environnements lumineux. Dans notre cas, les données de préférences sont corrélées à la perception des environnements lumineux.

#### **4. Conclusions : la perception de l'environnement lumineux en situation réelle influencée par les paramètres de l'éclairage, les situations d'usage et les caractéristiques inter-individuelles**

Le travail présenté dans ce chapitre a traité de la perception des environnements lumineux par les usagers d'une chambre d'hôtel en situation réelle. Nous nous sommes attachés à étudier l'effet de différents facteurs sur les jugements d'appréciation, tels que les paramètres de l'éclairage, les situations d'usage et les caractéristiques inter-individuelles des usagers interrogés. Les aspects fondamentaux et méthodologiques de ce travail sont synthétisés dans les paragraphes suivants.

D'un point de vue fondamental, cette étude a montré que les paramètres de l'éclairage influençaient le jugement perceptif et hédonique des usagers. Les jugements perceptifs peuvent alors être modulés par plusieurs facteurs. La situation d'usage dans laquelle l'utilisateur perçoit l'environnement lumineux module les jugements perceptifs. Pour les situations de détente, un éclairage d'ambiance est préféré alors que pour les situations de travail nécessitant un confort visuel pour les réaliser, les usagers préfèrent un éclairage à forte quantité de lumière. Les caractéristiques inter-individuelles également modulent les jugements. L'âge semble influencer les jugements d'appréciation relatifs à la quantité de lumière perçue alors que le genre semble influencer la température de couleur perçue. Cependant, aucune caractéristique inter-individuelle ne semble expliquer l'hétérogénéité de la perception relative à l'interaction des deux paramètres de l'éclairage étudiés.

D'un point de vue méthodologique, trois modes de questionnements ont été utilisés (échelles linéaires continues, choix et commentaires spontanés). Les résultats obtenus concernant l'étude de la perception des environnements lumineux sont similaires entre une approche fondée sur l'analyse des notes d'appréciations et une approche fondée sur l'analyse des préférences. Cependant, en fonction des objectifs de l'étude, nos résultats montrent que l'approche des évaluations est plus adaptée à l'étude des facteurs modulant les jugements d'appréciation *a posteriori*, alors que l'approche des choix est plus précise quant à l'identification des préférences.

Parallèlement, l'analyse lexicale des commentaires spontanés a fait émerger le vocabulaire du ressenti exprimé par les usagers de la chambre d'hôtel. L'étude de l'expression du ressenti des usagers permet de mettre en évidence les différences de perception des environnements lumineux et serait une piste de réflexion intéressante permettant d'expliquer l'hétérogénéité des préférences.

# **PARTIE 3**

## **DISCUSSIONS et PERSPECTIVES DE RECHERCHE**

---

The important thing is not to stop questioning. Curiosity has his own reason for existing.

Albert Einstein.

Notre travail de recherche porté sur l'étude de la perception des environnements lumineux par les usagers dans le contexte hôtelier, tient son originalité à deux raisons principales.

D'une part, nous avons choisi d'aborder notre problématique de recherche en considérant les trois aspects de la relation *Individu - Objet - Contexte* (voir Chapitre 1). L'individu fait référence spécifiquement aux usagers d'une chambre d'hôtel, les clients; l'objet désigne ici les environnements lumineux et les paramètres qui le définissent ; enfin, le contexte de notre programme de recherche est la chambre d'hôtel et ses différentes situations d'usage. Ces trois aspects contribuant chacun pour leur part aux phénomènes de perception auxquels nous avons apporté une contribution dans la compréhension. Notre travail a permis d'identifier les éléments fondamentaux agissant sur la formulation d'un jugement d'appréciation relatif à un environnement lumineux dans une chambre d'hôtel selon des choix expérimentaux conduisant à des résultats discutés ci-dessous.

D'autre part, nous avons développé une méthodologie expérimentale en trois phases, permettant l'étude de la perception des environnements lumineux de chambres d'hôtel du point de vue des usagers. La spécificité de cette méthodologie a été de se placer dans un contexte réel et écologique pour l'étude du phénomène perceptif. Nous verrons dans les paragraphes suivants, comment les apports de cette approche permettent une bonne compréhension de la perception des environnements lumineux par les usagers en hôtellerie de manière globale dans un premier temps, puis les apports spécifiques de chacune de ces trois phases.

Nous concluons la discussion du travail de recherche en exposant les principales implications opérationnelles de ces résultats ainsi que les perspectives de recherche identifiées.

## **1. Contribution à l'étude de la perception des environnements lumineux de chambres d'hôtel.**

Notre programme de recherche a été construit autour des hypothèses selon lesquelles, en situation réelle, la perception des environnements lumineux dépend à la fois des situations dans lesquelles ces environnements lumineux sont perçus mais également, des caractéristiques individuelles définissant les usagers qui les perçoivent. Nos travaux trouvent leur légitimité dans le fait que le client accorde une importance à l'environnement lumineux pendant son séjour à l'hôtel. L'apparition spontanée du concept de lumière dans le discours du client lorsqu'il est sollicité pour expliciter ses attentes en termes de confort à l'hôtel (Chapitre 5), a selon nous, démontré l'importance qu'il accorde à ce sujet. Ces résultats sont en accord avec la littérature existante en management de l'hôtellerie. L'apport de nos travaux a consisté à montrer que l'utilisateur ne considère pas la lumière comme un tout, au même titre que l'importance qu'il accorde à la relation client/personnel comme cela a pu être montré



(Brunner Sperdin & Peters, 2009; Heide, *et al.*, 2007). Le client accorde une importance à la qualité de l'éclairage qui caractérise l'environnement dans lequel il vit durant son séjour.

La mise en évidence de nos résultats a reposé sur des choix expérimentaux relatifs aux scénarios d'éclairage, aux situations d'usage et aux usagers interrogés. La justification de ces choix a été guidée par les précédents travaux recensés dans la littérature ainsi que les résultats des phases intermédiaires de ce travail de recherche. Ils sont discutés dans les paragraphes suivants.

### 1.1 Les paramètres de l'éclairage : la quantité de lumière et la température de couleur

Notre travail de recherche s'est basé sur l'étude de la perception des environnements lumineux, variables en termes de quantité de lumière et de température de couleur, selon deux modalités respectives : faible *versus* forte quantité de lumière et lumière blanche chaude *versus* froide. Les paragraphes suivants, discutent ces choix sur la base de nos travaux expérimentaux et ceux de la littérature.

#### **Apport de nos travaux à l'étude de la perception en fonction des paramètres de l'éclairage**

La littérature recense des travaux centrés sur l'influence de la qualité perçue sur le ressenti des usagers, tels que l'uniformité de l'éclairage (Flynn, 1973, Tiller, 1992), la quantité de lumière (Cuttle, 2006), le rendu des couleurs (Fotios, 2006). Chacun de ces paramètres contribue en effet à la qualité perçue de l'éclairage (*lighting quality*) comme l'ont montré les travaux de Veitch (Veitch & Newsham, 1996a, 1996b). Cependant rares sont les auteurs qui justifient le choix des paramètres qu'ils étudient. Le plus souvent, la déclinaison des paramètres est guidée par le souhait de reproduire les normes ou les conditions usuelles d'éclairage du contexte étudié. Peter Boyce l'exprime clairement dans un de ses travaux (Boyce & Cuttle, 1990): « *La raison du choix de cette gamme de luminosités est de couvrir les applications où les lampes type tubes fluorescents sont susceptibles d'être le plus utilisées, depuis l'usage dans les bureaux commerciaux généralement éclairés à 500 lx aux musées contenant des objets sensibles à la lumière où l'éclairement maximal recommandé est de 50 lx* »<sup>24</sup>.

Les raisons qui ont motivé les choix des paramètres de l'éclairage étudiés dans notre programme de recherche, sont différentes. En effet, l'objectif opérationnel de ce programme de recherche est inscrit dans le cadre d'un programme national de rénovation des chambres de la marque d'hôtel Mercure. Il consiste à la conception d'environnements adaptés aux attentes des usagers finaux de l'espace, le client de l'hôtel. La sélection des paramètres de l'éclairage à prendre en compte dans le

<sup>24</sup> *The reason for choosing this range of illuminance is that it covers the applications where tubular fluorescent lamps are most likely to be used, from commercial offices which are usually lit to 500 lx to museums containing light-sensitive objects where the maximum recommended illuminance is 50 lx.*

dispositif expérimental en situation réelle, est justifiée par l'expression d'un jugement d'appréciation positif formulé par les usagers. Cette approche n'a pas été recensée dans la littérature à notre connaissance. L'identification et la sélection des paramètres de l'éclairage ont donc fait l'objet de la deuxième phase de notre projet de recherche (Chapitre 6).

Pour ce faire, une chambre d'hôtel a été modélisée en trois dimensions afin de pouvoir faire varier les paramètres de l'éclairage un à un, toute chose étant égale par ailleurs. Les paramètres esthétiques (type, forme et couleur du luminaire) et photométriques (température de couleur, orientation du flux lumineux, quantité de lumière dans la pièce) ont ainsi été déclinés afin d'étudier l'influence de chacune des modalités sur l'appréciation positive ou négative de la chambre. Les résultats ont montré que parmi les paramètres étudiés, certains ont influencé le jugement d'appréciation des observateurs, d'autres n'ont induit aucune préférence. C'est le cas notamment de la variation de la position du luminaire sur le mur de la chambre modélisée, ce paramètre-là ne révélant aucune pertinence, n'a pas été étudié en situation réelle dans notre programme de recherche.

Parmi les paramètres induisant une préférence, certains des paramètres esthétiques et photométriques ont suscité un jugement d'appréciation en faveur ou en défaveur de l'une des modalités. En effet, au regard des paramètres esthétiques, la lampe de chevet sur pied, l'abat-jour noir de l'applique murale ont été les modalités les moins appréciées dans leurs séries respectives alors que la forme large de l'abat-jour a été la modalité la plus appréciée de la série, du point de vue des usagers interrogés. Concernant les paramètres photométriques, les températures de couleur froides et l'éclairage indirect ont été les modalités les moins appréciées de leurs séries respectives, alors que la température chaude et l'orientation mixte de l'éclairage ont été les modalités les plus appréciées. Autrement dit, les résultats obtenus lors de la phase 2 permettent de formuler des recommandations à destination des professionnels spécialisés dans le domaine de l'hôtellerie en termes de choix dans les paramètres de l'éclairage. Ces recommandations formulées sont alors fondées sur l'appréciation des usagers de l'espace, et non celles des professionnels souvent en décalage avec les attentes et les besoins des utilisateurs finaux (Heide, *et al.*, 2007; Veitch, 1993).

D'un point de vue méthodologique, l'objectif de la deuxième phase de ce programme de recherche consistait en la sélection des paramètres pertinents pour l'étude de la perception d'environnements lumineux en situation réelle et écologique. Or, les variations des paramètres esthétiques tels que la couleur de l'abat-jour ou le type de luminaire installé, sont rendues plus complexes en situation écologique, si l'on considère une seule et unique chambre expérimentale. En effet, les modifications de tels paramètres nécessitent l'intervention « anormale » d'un expérimentateur durant l'étude. Cette intervention dénaturant le caractère écologique souhaité du dispositif expérimental, n'a pas

été retenue. La nouvelle technologie LED facilitant la manipulation à distance des grandeurs photométriques et colorimétriques de la lumière, les paramètres physiques tels que la température de couleur et la quantité de lumière ont été sélectionnés pour la suite de notre programme de recherche, i.e. la phase d'étude en situation réelle. A noter que la quantité de lumière a été identifiée comme étant un paramètre influençant le jugement de l'utilisateur dans la phase exploratoire de notre projet de recherche. L'influence de ce paramètre sur la qualité perçue de l'environnement lumineux d'un point de vue fonctionnel, est difficilement observable lors d'une mise en situation virtuelle de l'utilisateur. Cela nécessite donc la mise en situation réelle de l'utilisateur dans l'environnement lumineux (Newsham, Richardson, Blanchet, & Veitch, 2005). Cependant, les méthodes fondées sur la modélisation d'images bi et tridimensionnelles, de plus en plus utilisées dans le domaine de l'éclairage (Newsham, *et al.*, 2010), sont dédiées à l'étude des paramètres influençant l'apparence visuelle et esthétique des scènes. Notre objectif étant la mise en évidence de solutions adaptées aux attentes des usagers d'un point de vue esthétique et fonctionnel, la quantité de lumière a été étudiée en situation réelle dans notre projet de recherche.

De nombreux travaux sont consacrés à l'étude des variations de la qualité d'un éclairage et leurs influences sur le jugement de l'individu interrogé telles que l'influence de la température de couleur sur les préférences des observateurs ainsi que celle de la quantité de lumière. Nos travaux sont donc inscrits dans cette littérature. Cependant, nous apportons à ces travaux, une approche complémentaire centrée sur l'utilisateur, pour mieux comprendre son comportement et ses préférences.

Concernant les paramètres photométriques, nos résultats ont montré que la quantité de lumière et la température de couleur influençaient le jugement d'appréciation en fonction des usages et des usagers. Nos résultats sont inscrits dans la continuité des travaux de Park (N. Park, *et al.*, 2010) et Pae (Pae, 2009). Ces auteurs ont conduit des travaux sur l'influence de la quantité de lumière et de la température de couleur sur le jugement d'appréciation d'individus habitués à fréquenter les hôtels. Les travaux ont été menés en situation virtuelle, sur la base d'images modélisées selon un protocole semblable à celui que nous avons utilisé. Les observateurs ont évalué et choisi les environnements lumineux selon les préférences des individus. Les auteurs montrent que les préférences sont portées sur les environnements lumineux à faible quantité de lumière à teinte chaude, pour les 87 observateurs de culture nord américaine. Ces travaux ont confirmé les résultats fondamentaux proposés par Flynn en 1977. En effet, ces travaux définissant les environnements lumineux à faible quantité de lumière et à teinte chaude comme étant relaxants et plaisants en comparaison aux environnements à teinte froide (Flynn, 1977). Cependant, on pourra reprocher à ces deux études le

fait de mettre en évidence des préférences pour les environnements lumineux sans toutefois considérer les différentes situations susceptibles d'être vécues dans ces espaces. Dans notre cas, la deuxième partie de la phase de conception de ce projet a considéré plusieurs situations pour mettre en évidence les paramètres de l'éclairage pertinents à sélectionner. En effet, selon un protocole similaire à la sélection des paramètres contribuant à l'appréciation de l'apparence visuelle globale de la chambre, les usagers imaginaient vivre une situation (Arrivée dans la chambre, regarder un film à la télévision) avant de choisir l'environnement le plus et le moins apprécié. Les résultats relatifs à cette assertion sont discutés dans les sections suivantes.

### **Perspectives de recherche sur l'influence des paramètres de l'éclairage**

Enfin, notre projet de recherche s'est focalisé sur l'influence de deux paramètres photométriques sur le jugement d'appréciation d'usagers en situation réelle. Or, les données de la littérature montrent également l'influence d'autres paramètres de l'éclairage tels que l'uniformité et la répartition d'un éclairage sur l'appréciation d'un environnement. Ces travaux ont été menés dans le contexte d'une salle de conférence (Flynn, *et al.*, 1973; Murdoch & Caughey, 2004), ou de bureaux (Boyce, *et al.*, 2006; Cuttle, 2004). Les auteurs ont préconisé un éclairage périphérique pour favoriser la perception d'espace dans la pièce et ainsi augmenter la valence positive du jugement d'appréciation. En hôtellerie, la taille des espaces représente un critère d'appréciation notable contribuant à une expérience client positive. Les données de la littérature et les résultats de notre phase sur l'étude des représentations en mémoire ont conforté cette assertion. Or, à ce jour, l'influence de la répartition de l'éclairage dans la pièce sur le jugement d'appréciation des usagers n'a jamais été étudiée, à notre connaissance. Il serait alors intéressant en perspective d'étude de développer ce dernier point. Par exemple, selon les mêmes contraintes expérimentales imposées par le respect d'un environnement de contexte écologique, il serait intéressant de piloter à distance l'allumage des sources lumineuses implantées dans la chambre et ainsi faire varier la répartition de lumière dans la chambre. De la même façon, la quantité de sources lumineuses allumées dans une pièce augmente l'appréciation des usagers relativement à l'apparence visuelle globale de la pièce et influence la sensation de luxe ressentie (Ascher, Cohen, & Hauvuy, 1987). C'est une assertion que nous pourrions alors tester. Cependant, l'étude de la relation entre le nombre de luminaires allumés dans un espace et la sensation de luxe, nécessite de mieux comprendre la représentation du luxe du point de vue des usagers et de ce fait, nécessite la conception d'un questionnaire adapté à son étude.

Notre programme de recherche a été construit autour de deux questions de recherche. La première est l'influence de la situation d'usage sur la perception et les préférences des usagers, la seconde est l'influence des caractéristiques inter-individuelles sur les préférences des environnements lumineux.

Les paragraphes suivants discutent ces deux points fondés sur les résultats que nous avons obtenus et de la littérature.

## 1.2. Les usages : les situations de vie

### **Apport de nos travaux à l'étude de la perception en fonction des usages**

Les résultats de la phase exploratoire ont révélé l'importance d'une mise en lumière spécifique des situations vécues par les clients au cours de leur séjour à l'hôtel (Chapitre 5). Sur la base de l'analyse collective de discours effectuée par un groupe d'experts spécifiquement sélectionnés pour l'étude (directeurs d'hôtel, ingénieurs, designers et psychologues), il apparaît alors que les activités peuvent être catégorisées en six situations de vie fondamentales ponctuant le séjour de l'utilisateur. L'objectif du programme de recherche a alors consisté à étudier l'environnement lumineux adapté à chacune des six situations de vie, en accord avec les attentes des usagers. A cette fin, nous avons créé différents scénarios d'éclairage et demandé à des panels d'observateurs de formuler un jugement d'appréciation relatif à ces environnements, perçus dans différentes situations d'usage. Un premier panel d'observateurs a été sollicité pour évaluer les scénarios en situation virtuelle sur la base d'images modélisées en 3D, projetées en 2D (Phase 2 : Chapitre 6), un deuxième panel a évalué les scénarios d'éclairage en situation réelle (Phase 3 : Chapitre 7). La sélection des situations d'usage s'est faite sur la base des résultats de la phase exploratoire.

Les résultats des études en phase 2 et 3 de ce programme de recherche ont validé l'influence de la situation sur les préférences des usagers. Ainsi, nous avons montré des jugements différents pour une situation de détente en opposition à une activité de travail nécessitant un confort visuel spécifique. Ces résultats ont confirmé les données de la littérature, plusieurs travaux ayant été menés dans le secteur résidentiel. Les premiers travaux soulignant cette différence sont ceux de Butler (Butler & Biner, 1987) et Biner (Biner, *et al.*, 1989). Les auteurs ont montré que les préférences en termes de niveaux de lumière étaient influencées par le lieu dans lequel le niveau de lumière était imaginé (cuisine, salle à manger, chambre) ainsi que l'activité prévue (manger seul ou en groupe, lire, parler). Dans la continuité de ces travaux, Oi *et al.* (Oi, *et al.*, 2007) ont étudié la relation entre les niveaux de lumière et les températures de couleur de lumière sur l'appréciation de l'environnement lumineux suite aux travaux de Kruithof<sup>25</sup> (Kruithof, 1941). En contexte résidentiel, et dans une situation de détente, les scénarios à faible quantité de lumière à faible température de couleur étaient préférés, et lors d'un repas, les observateurs exprimaient une préférence pour les valeurs élevées de quantité de lumière, comme l'ont montré les travaux de Kruithof. Pour d'autres

<sup>25</sup> La courbe de Kruithoff indique la « zone de confort » en fonction de la température de couleur et de la quantité de lumière définissant un environnement.

situations, les préférences des huit observateurs déviaient du modèle de Kruithof : pour des situations désignées par les auteurs de "cuisine" et "étudier", la combinaison des paramètres préférés était définie par des niveaux de lumière élevés et des températures de couleur élevées. Ces travaux ont donc montré que les combinaisons préférées entre la quantité de lumière et la température de couleur varient en fonction des activités imaginées par les usagers. Des résultats similaires ont été montrés par Van Erp et Bronckers sur les préférences d'environnements lumineux variables en termes de luminosité perçue (Van Erp, 2008) et de couleurs de lumière (Bronckers, *et al.*, 2009) respectivement.

La principale critique que l'on peut apporter à cette série de travaux est relative au dispositif expérimental utilisé. Les auteurs interrogent les individus sur leurs expériences en mémoire ou imaginées sans validation des résultats en situation réelle. Le décalage entre le discours en mémoire et les attentes en situation réelle est connu (Biner, *et al.*, 1989). La validation des résultats par une étude en situation réelle paraît pertinente. Notre travail de recherche propose donc de valider les données de la littérature acquises en contexte de laboratoire, dans une situation la plus écologique possible, c'est-à-dire, la plus réaliste possible (Gibson, 1979). En ce sens, notre programme de recherche ne s'est pas limité aux deux premières phases d'étude sur les représentations en mémoire sur l'évaluation des environnements lumineux simulés. En effet, nous avons aussi mesuré l'influence de deux niveaux de lumière et de deux températures de couleur en situation d'usage la plus réelle possible, dans une vraie chambre d'hôtel.

Par ailleurs, il est important de noter que la segmentation des lieux et des situations vécues par un client durant son séjour à l'hôtel a fait l'objet d'investigations. Les données de la littérature montrent des attentes différentes en termes d'ambiance ou d'atmosphère pour le lobby (Countryman & Jang, 2006) ou de chambre d'hôtel (N. Park, *et al.*, 2010), chacun contribuant pour sa part à l'expérience client. Cependant, il n'existe pas, à notre connaissance, de données empiriques justifiant l'environnement lumineux adapté à chacune des situations vécues durant un séjour dans une chambre d'hôtel et par ailleurs dans un contexte écologique. Notre projet de recherche apporte donc une contribution en ce sens. Nos principaux résultats ont montré l'importance que le client accorde à la chambre en comparaison aux autres lieux de l'hôtel, par le fait qu'il puisse s'approprier l'espace en créant un environnement « comme à la maison ». Ces résultats sont en accord avec la littérature. Les travaux de Rutes *et al.* (Rutes, *et al.*, 2001) ont identifié le rôle majeur de la chambre d'hôtel dans l'Expérience Client et Siguaw a identifié le lien entre la satisfaction client et le fait de pouvoir créer un environnement « comme à la maison » (Siguaw & Enz, 1999). De plus, nos résultats ont montré la déclinaison des situations vécues par les usagers durant leur séjour en fonction d'une mise en

lumière spécifique. Notre contribution a alors été la mise en évidence des scénarios d'éclairage adaptés à chacune des situations, sur la base des préférences des usagers.

### **Perspectives de recherches sur l'influence de l'usage sur la perception**

Cependant, notre travail de recherche a présenté un biais expérimental auquel nous pouvons associer la contribution du contexte spécifique dans lequel nous nous trouvons, c'est-à-dire l'hôtellerie. En effet, les trois phases du programme de recherche se sont adressées spécifiquement aux clients d'hôtel et pour les phases 2 et 3, d'un hôtel en particulier, celui dans lequel le dispositif expérimental a été construit (Chapitre 7). La justification de ce choix est de pouvoir recueillir spécifiquement le jugement d'appréciation de la clientèle cible d'un des partenaires industriels de ce projet de recherche. Or, il est connu que la disponibilité des clients d'hôtel à participer à une enquête de satisfaction est d'autant plus faible que la durée de l'enquête est importante (Barsky & Huxley, 1992). Ainsi, le temps d'exposition à chacun des environnements lumineux lors des situations est de l'ordre de la minute. Plus précisément, chaque situation durait huit minutes, pendant lesquelles les quatre scénarios d'éclairage étaient présentés successivement pendant deux minutes chacun. Dans la littérature, le temps d'exposition aux scénarios d'éclairage étudié est variable. Lorsque l'étude est portée sur l'influence de l'environnement lumineux sur les performances cognitives des individus ou sur l'humeur, le temps d'exposition est de l'ordre de vingt minutes minimum jusqu'à plusieurs heures (Küller, *et al.*, 2009; Veitch & McColl, 2001). Cependant, l'objectif de notre projet de recherche est différent. Il vise à mieux comprendre le phénomène de perception, par le biais de l'étude de la préférence de l'apparence globale de la pièce éclairée. Ainsi, il ne nous a pas semblé nécessaire d'exposer l'individu aux environnements lumineux pendant une période identique à celle des études sur les performances cognitives ou sur l'humeur. De façon similaire, Newsham utilisait des périodes d'exposition de 30 secondes par scénario d'éclairage pour l'étude des paramètres influençant l'apparence visuelle d'environnements lumineux de bureau (Newsham, *et al.*, 2010). Cependant, les chercheurs qui utilisent des temps d'exposition courts, doivent être prudents quant à la généralisation des résultats pour des contextes où les usagers sont exposés à la lumière sur de longues périodes (Gifford, 1994).

Toutefois, une période d'adaptation à l'environnement lumineux est nécessaire pour pouvoir juger la qualité d'un éclairage, notamment pour mesurer l'influence de la température de couleur sur les préférences (Boyce & Cuttle, 1990; Davis & Ginthner, 1990). Les données de la littérature ne renseignent pas précisément cette période. En perspective d'étude, il serait intéressant de valider les données empiriques obtenues à la suite de ce programme de recherche, en considérant un temps d'exposition aux environnements lumineux plus important. Idéalement, la validation de nos résultats impliquerait la mise en place de scénarios d'éclairage dans une chambre d'hôtel pendant plusieurs

heures, pour pouvoir recueillir les jugements d'appréciation d'un panel de clients après leur séjour dans cette même chambre d'hôtel. De manière plus globale, afin de s'affranchir de cette phase de validation des résultats et compte tenu de l'absence de précision de la littérature, il serait intéressant de mesurer et de valider scientifiquement la durée d'exposition nécessaire à la formulation d'un jugement d'appréciation relatif à un environnement lumineux dans un contexte réel d'usage.

Nous avons annoncé la construction de notre programme de recherche autour de deux questions. La première discutée dans les paragraphes précédents, visait à mesurer l'influence de l'usage sur l'évaluation des environnements lumineux en situation réelle. La deuxième consistait à étudier comment les caractéristiques individuelles pouvaient expliquer l'hétérogénéité des perceptions des environnements lumineux observés dans les différentes phases de notre programme de recherche.

### 1.3. Les usagers : les différences inter-individuelles

Dans un premier temps, nous aborderons en quoi les caractéristiques inter-individuelles qui définissent les clients interrogés, ont influencé le phénomène de perception des environnements lumineux, puis nous discuterons la taille des effectifs de chacune des phases quantitatives.

#### **Apport de nos travaux à l'étude de la perception en fonction des caractéristiques individuelles**

Notre projet de recherche a mis en évidence l'influence de caractéristiques individuelles dans la perception et la formulation du jugement d'appréciation des environnements lumineux étudiés.

Les résultats de la dernière phase de notre programme de recherche ont montré un effet du genre sur l'appréciation des scénarios d'éclairage en fonction des températures de couleur. En effet, les données montrent que les hommes évaluent de manière plus positive les environnements à température de couleur froide (4200 K) que les femmes, quelles que soient les quantités de lumière et la situation vécue. Ces résultats sont en accord avec les données de la littérature. Knez *et al* (Knez, 1995; Knez & Enmarker, 1998; Knez & Kers, 2000) ont étudié l'influence des environnements lumineux sur l'humeur et les performances des individus en fonction du genre. Selon ces travaux, les femmes préféreraient les scénarios d'éclairage chaud (3000 K) et de faible quantité de lumière (300 lx horizontaux). A l'inverse, les scénarios à teinte de lumière froide (4000 K) et avec une grande quantité de lumière (1500 lx) semblent être les scénarios préférés des hommes.

Nos travaux de recherche ont également montré un effet de l'âge sur l'appréciation des scénarios à niveaux de lumière variables, dans une chambre d'hôtel. Les individus au-delà de 50 ans appréciaient différemment les environnements lumineux à faible et à forte quantité de lumière. Ils accordaient un jugement plus positif aux scénarios à forte quantité de lumière qu'à ceux définis par une faible



quantité de lumière, quelles que soient la température de couleur et la situation vécue. Pour les individus plus jeunes, les différences d'appréciation n'étaient pas significatives. Ces résultats confirment en partie la littérature existante. Selon les travaux de Hughes (Hughes & McNelis, 1978), dans un contexte de bureau, les employés âgés ont exprimé une forte préférence pour les environnements très lumineux, comparés aux employés plus jeunes. D'un point de vue physiologique, ces différences de perception peuvent être expliquées par les déficiences visuelles liées à l'âge (Bernecker, Davis, Webster, & Webster, 1993). Knez montre que la quantité de lumière évaluée par les jeunes adultes (>23ans) était plus importante que celle évaluée par les personnes plus âgées, ceci pourrait se traduire par l'absence de perception de l'éblouissement par les personnes plus âgées (Knez & Kers, 2000). Ces derniers supporteraient donc davantage les environnements à fort niveau de lumière. Cependant, nous noterons ici la limite de la tranche d'âge donnée arbitrairement à la population qualifiée d'âgée par Knez : les personnes dites âgées ont plus de 23 ans. Des travaux complémentaires sont nécessaires afin de clarifier cet effet de l'âge sur la perception des environnements lumineux. En effet, l'âge aurait une influence sur la vision des couleurs et sur la luminosité perçue. Les résultats de ces travaux sont issus d'études menées en contexte de laboratoire où l'attention du sujet est focalisée sur la variation des stimuli visuels. Dans ce cas, les résultats des personnes âgées sont différents de ceux des jeunes. Il serait alors intéressant de voir si la différence d'âge influence les préférences des sujets pour un environnement global en contexte naturel. En effet, à partir de quand peut-on considérer que l'évolution physiologique de l'individu entraîne des conséquences sur la perception de l'environnement et ainsi des différences dans les préférences ? Autrement dit, à partir de quand le phénomène d'adaptation décrit par Jimenez (Jimenez, 1997) n'est plus suffisamment fort pour compenser la déformation des propriétés physiques de l'environnement ? Des études en contexte écologique seraient à mettre en place pour répondre à cette question de l'influence de l'âge sur les préférences et s'affranchir de l'effet attentionnel des sujets en contexte de laboratoire.

### **Perspectives de recherche sur l'étude des influences des caractéristiques individuelles**

D'autres caractéristiques individuelles ont été recensées dans la littérature comme ayant un effet sur l'appréciation des environnements lumineux.

C'est le cas notamment de la culture des individus. Park montre clairement des préférences contrastées entre les individus de culture nord américaine et des individus de culture asiatique. Ces derniers rejettent les environnements à teintes chaudes et à faible quantité de lumière, qui sont les scénarios favorisés des américains en contexte hôtelier pour une situation de détente (N. Park, *et al.*, 2010). L'influence de la culture a également été investiguée en contexte résidentiel selon le même protocole d'étude (Ham & Guerin, 2004) ainsi que dans les bureaux (Küller, *et al.*, 2006) en situation

réelle. Les résultats ne montrent pas de controverse par rapport à nos résultats ni à ceux de la littérature spécifique au domaine de l'hôtellerie. La culture est donc un critère pertinent à considérer, puisque dans notre cas, la clientèle hôtelière est internationale. Afin de nous limiter à la clientèle principale de l'hôtel pilote, nous avons fait le choix de nous focaliser sur la clientèle française. Mais en perspective d'études, il serait intéressant voire indispensable d'élargir l'échantillon des clients interrogés, afin de mesurer selon notre méthodologie centrée sur l'utilisateur, les préférences en termes d'environnements lumineux dans une chambre d'hôtel du point de vue d'une clientèle cosmopolite. En effet, les individus donnent une signification différente aux objets physiques du monde qui les entourent, en fonction de leur culture (Altman & Chemers, 1980; Ozaki, 2002). En termes de design, les données de la littérature ont montré une différence d'attente due aux différences de culture (Ham & Guerin, 2004), notamment en termes de couleurs : la symbolique et les réactions émotionnelles sont différentes en fonction des cultures. A titre d'exemple, il a été montré que le bleu est associé à la symbolique du luxe et de la qualité dans la culture asiatique, alors que pour la culture germanique, le bleu est associé à la chaleur et au féminisme (Aslam, 2006).

Plus particulièrement, quant à l'effet de la culture et de la température de couleur perçue, Quellman (Quellman *et al.*, 2002), a étudié les préférences de scénarios d'éclairage en fonction de la teinte de peau d'un panel d'observateurs internationaux. Les auteurs ont montré que la couleur de peau est un paramètre qui expliquerait les différences en termes d'appréciation. Selon les résultats de cette étude, les européens préféreraient les environnements lumineux chauds pour mettre en valeur leur teinte de peau claire, alors que les asiatiques préfèrent les éclairages très intenses et froids qu'ils associent à la symbolique de la gaieté et de la santé (Quellman *et al.*, 2002).

Plus tard, Park (Park & Farr, 2007) compare le comportement d'individus Nord-Américains et d'individus Asiatiques dans un magasin et montre que les températures de couleurs apportent une signification et un comportement d'achat différents en fonction de la culture des sujets. De la même façon, Veitch et al. montrent que les environnements lumineux des intérieurs diffèrent selon les cultures du fait de leur apprentissage culturel (Veitch, 2001). Alors que les Américains ont l'usage de s'éclairer au moyen de lampes incandescentes dont les teintes sont chaudes, les Asiatiques perçoivent ces mêmes environnements comme invivables, très désagréables et ne s'imaginent pas pouvoir vivre dans de tels espaces (Lee, 2008).

Par conséquent, dans le contexte de l'hôtellerie, la question de la culture prend tout son sens. Au vu des différences de signification et des attentes en termes de design évoquées, il est nécessaire de mieux considérer ce paramètre pour les professionnels de l'hôtellerie et de la restauration, soucieux de fournir à sa clientèle le meilleur confort (N. Park, et al., 2010; Tse & Ho, 2009).

Malgré la considération des paramètres tels que l'âge et le genre des individus sollicités dans l'étude, et le fait de ne considérer qu'une origine géographique, les différences d'évaluation de chacun des environnements lumineux subsistent, sans pour autant être complètement explicitées. Des différences inter-individuelles liées à la psychologie des observateurs restent à expliquer. En ce sens, les travaux de Larsen ont défini un indice psychologique permettant de mesurer les réactions émotionnelles induites par le quotidien des individus et de segmenter la population selon leur profil psychologique. Cet outil initialement développé pour expliquer les différences de comportement des individus face à un message publicitaire (Larsen, 1985), a été utilisé avec succès pour expliquer les différences d'appréciation relative au toucher d'un textile dans le secteur de l'automobile (Kergoat, *et al.*, 2010). Cependant, la Mesure de l'Intensité Affective (*Affect Intensity Measure* : AIM) ne semble pas expliquer les différences de jugements d'appréciation des individus relativement au confort visuel dans des bâtiments construits. Les travaux antérieurs conduits par Hygge *et al* (Hygge & Knez, 2001) ne montrent pas d'effet significatif de l'AIM sur les préférences pour des scénarios d'éclairage variables en termes de quantité de lumière (300 *versus* 1500 lx). Les auteurs ont tenté en vain de montrer une influence de l'environnement lumineux sur l'état affectif renseigné par les individus au moment de l'étude. Nos résultats n'ont pas non plus montré d'effet significatif de l'AIM sur le jugement d'appréciation des usagers interrogés (Chapitre 7). Plus récemment, une revue de littérature a recensé l'ensemble des travaux visant à mieux comprendre les paramètres influençant la perception du confort à l'intérieur d'un bâtiment. Bien que la revue soit davantage focalisée sur le confort thermique, des travaux cherchant à mettre en évidence les caractéristiques individuelles capables d'expliquer les variations de perception du confort visuel, ont été recensés (Frontczak & Wargocki, 2010). De cette revue de littérature est ressortie la volonté des auteurs à trouver un indice permettant d'explicitier les variations d'appréciation par l'usage de questionnaires renseignant le profil psychologique des individus au moment de l'étude ou au quotidien pour mieux connaître ses habitudes en termes d'environnements lumineux au quotidien. Cependant, à ce jour, aucun indice psychologique n'a montré d'effet significatif sur le jugement d'appréciation relatif aux environnements lumineux tout contexte d'étude confondu.

En définitive, les résultats issus de la littérature et de nos travaux de recherche ont montré qu'il est préférable de mieux considérer les caractéristiques individuelles des usagers pour construire de nouveaux bâtiments afin de mieux prendre en compte leurs attentes et leurs besoins (McCloughan, *et al.*, 1999). Cependant, alors que l'influence de certains paramètres individuels sur la perception des environnements lumineux est partagée par la communauté scientifique, tels que l'âge et le genre, ils n'expliquent encore pas toutes les variations dans les préférences. Il serait intéressant de mener des travaux complémentaires pour mieux comprendre les sources de variations des

préférences des environnements lumineux sur la base des différences inter-individuelles (biologiques, physiologiques, psychologiques, cognitives), comme Frontczak *et al* l'ont entrepris dernièrement (Frontczak & Wargocki, 2010).

## **2. Contribution méthodologique à l'étude de la perception des environnements lumineux en contexte hôtelier**

### **2.1. Le recueil du jugement d'appréciation**

Notre projet de recherche est fondé sur le postulat selon lequel le phénomène de perception comprend l'ensemble des mécanismes qui permet à l'individu d'interpréter le monde dans lequel il vit, de la détection du signal physique jusqu'à l'évaluation hédonique, le jugement de valeur, de la représentation que l'individu s'en fait dans une situation donnée. La perception du monde est donc propre à chaque individu. Le partage de l'expérience perceptive avec autrui passe, au travers du langage, par la mise en mots du ressenti individuel. L'alignement sémantique, l'usage par plusieurs individus d'un même mot pour désigner un objet commun, est cependant très peu observable (Dubois, 2010) et relève d'un consensus préalable entre les parties. Pour cette raison, l'étude du phénomène de perception est portée sur l'analyse du jugement d'appréciation formulé par les individus interrogés à travers plusieurs modes de questionnement. Le jugement d'appréciation a été analysé au travers des notes d'appréciation (l'évaluation hédonique), des préférences (des choix) et des commentaires spontanés (production langagière).

Les données de la littérature recensent plusieurs méthodologies pour recueillir les jugements d'appréciation et dans le domaine de l'éclairage, les méthodes usuelles sont l'utilisation d'échelles sémantiques bipolaires pour mesurer l'appréciation des sujets par rapport à un critère précis (la luminosité perçue, la teinte perçue, la sensation de confort) ou la comparaison par paires de stimuli visuels permettant un classement selon les préférences des environnements testés. Deux études ont procédé à l'analyse des commentaires spontanés laissés lors du déroulement des expérimentations par les sujets pour étudier le jugements d'appréciation (Boyce, 1977; Flynn, *et al.*, 1973) mais aucune information n'a été donnée sur le contenu sémantique des verbatim collectés dans ces travaux. Les auteurs utilisaient les verbatim pour illustrer les résultats quantitatifs obtenus au préalable sur les préférences par les méthodes plus classiques.

Cependant, l'utilisation d'échelles sémantiques bipolaires et la comparaison par paires des stimuli visuels ont souvent été la cible de critiques. Le choix des échelles sémantiques, la qualité des analyses statistiques, la pertinence de la structure des échelles et la présentation monadique ou simultanée de stimuli visuels, ont fait l'objet de nombreux débats dans la littérature quant à leur

fiabilité pour répondre à la question des préférences (Atli & Fotios, 2011; Fotios & Cheal, 2010; Fotios & Houser, 2009; Lim, 2011; Tiller & Rea, 1992). Notre projet de recherche a donc développé une méthodologie en parallèle de la question centrale sur la lumière, centrée sur l'individu et ses usages à travers plusieurs modes de questionnements.

Nous avons cherché à mettre en évidence l'influence du type de questionnaire sur le recueil de jugements émis par les sujets interrogés. Ainsi, le recueil des préférences s'est fait au moyen de deux questions : *Parmi les ambiances proposées, quelle chambre me plaît le plus ?* et *Parmi les ambiances proposées, quelle chambre me plaît le moins ?*. Ce choix méthodologique a été adopté dans la continuité des travaux de Delepaut (Delepaut, 2007), qui a montré notamment l'influence de la signification des mots d'une question sur le contenu sémantique de la réponse. Ces travaux de recherche en linguistique cognitive sur le confort des voyageurs en train proposent des éléments tangibles en ce sens, notamment sur la pertinence des mots d'une question pour orienter les concepts abordés dans les réponses des sujets interrogés, et des éléments clés permettant l'analyse sémantique des réponses. Nos résultats montrent également une plus grande segmentation des préférences lors d'une formulation négative de la question. A titre d'exemple, nous rappellerons les résultats obtenus pour l'évaluation de la série dont le type de luminaire variait, dans la phase 2 de ce projet. Alors que les fréquences de choix des différentes modalités n'étaient pas significativement différentes entre elles pour désigner le scénario d'éclairage le plus apprécié (formulation positive de la question : *Quelle chambre me plaît le plus ?*), la modalité du luminaire sur pied a été significativement plus choisie comme étant le scénario d'éclairage le moins apprécié (formulation négative de la question : *Quelle chambre me plaît le moins*). Ces résultats ont donc orienté un choix opérationnel pour la construction du dispositif expérimental en situation réelle quant aux paramètres de l'éclairage à considérer et le moyen de recueillir le jugement d'appréciation.

Nous avons également proposé une analyse sémantique de l'ensemble des commentaires spontanément donnés par écrit par les clients durant l'étude. Cette approche nous a permis de dégager trois types de résultats. Le premier serait une piste de recherche pour expliquer les différences d'appréciation entre les scénarios d'éclairage. Alors que les caractéristiques individuelles des usagers interrogés ne permettent pas d'expliquer précisément les différences d'appréciation, l'analyse sémantique des verbatim permet de mettre en évidence les critères justifiant l'appréciation positive ou négative des environnements lumineux. Par exemple, le scénario d'éclairage à faible quantité de lumière à teinte chaude, préféré par la majorité des clients interrogés, est jugé comme « trop faible » en niveau de lumière pour ceux qui ne partagent pas cette préférence. L'analyse sémantique du corpus permettrait d'expliquer les différences de préférences et de perception des environnements lumineux

La deuxième forme de résultats que nous obtenons par l'analyse sémantique des commentaires spontanés laissés par écrit lors de l'étude, est la mise en évidence du vocabulaire utilisé par les usagers pour décrire leur perception. On notera l'usage de termes aux significations similaires en contexte, pouvant être regroupés *a priori* selon trois catégories. D'une part, le vocabulaire utilisé fait référence à la qualité perçue de l'éclairage : les sujets parlent de la couleur de la lumière et de la quantité de lumière qu'ils perçoivent dans la chambre. D'autre part, le vocabulaire utilisé fait référence à l'effet que produit l'environnement lumineux sur l'individu (reposant, dynamisant...), ainsi que le degré de fonctionnalité de l'éclairage (adapté, inutile...). Par ailleurs, à l'intérieur de chaque catégorie, les termes utilisés reflètent la perception de l'utilisateur selon un gradient d'interprétation qui donne un accès plus ou moins direct à la signification du mot. La catégorie relative à la quantité de lumière peut être citée en exemple. Les termes objectifs tels que *fort* ont été utilisés au même titre que des termes relevant de l'expérience du sujet, comme *l'éclairage d'un supermarché*. L'analyse sémantique des commentaires spontanés a fait émerger le vocabulaire du ressenti exprimé par les usagers liés à la perception d'environnements lumineux dans une chambre d'hôtel. En perspective, l'analyse approfondie du corpus permettrait de dresser le glossaire des termes relatifs à la perception des environnements lumineux par les usagers.

Enfin, la troisième forme de résultats est le constat du décalage entre les items des échelles sémantiques bipolaires des questionnaires auto-administrés recensés dans la littérature (chapitre 2) et les mots utilisés par les usagers pour exprimer leur perception. Ce dernier point pourrait en partie expliquer le problème d'interprétation souvent critiqué dans la littérature. L'apport de notre programme de recherche est ici la mise en évidence des termes des usagers utilisés pour exprimer leur ressenti. Une perspective intéressante d'étude serait la création d'un questionnaire fondé sur le vocabulaire spécifiquement utilisé en contexte par les usagers eux-mêmes.

## 2.2. Une méthodologie en 3 phases centrée sur l'individu

L'originalité de ce travail est caractérisée par l'approche en cascade utilisée pour répondre à notre question de la perception des environnements lumineux en hôtellerie. En effet, l'avancée de chaque phase du projet a découlé des résultats issus de la phase précédente. Aussi, contrairement à l'approche analytique classique de la psychophysique visant à mesurer l'influence d'un paramètre physique sur le comportement de l'individu, nous avons adopté une approche globale, holistique, considérant l'environnement comme un tout avec lequel l'individu interagit. Cette approche est encouragée par les psychologues et ergonomes spécialisés dans le domaine de l'éclairage (Parsons, 2000; Veitch, 1993; Veitch, Hine, & Gifford, 1993). La contribution de chacune des trois phases est détaillée dans les paragraphes suivants.

La première phase de ce travail de recherche avait pour objectif de comprendre les représentations de la lumière des clients d'une chambre d'hôtel. En d'autres termes, il s'agissait de mettre en évidence comment et à quel moment, la lumière était perçue du point de vue des usagers, dans un contexte alors peu investigué, l'hôtellerie. Pour cela, deux outils ont été utilisés. Un carnet de séjour (annexe A6a.) distribué individuellement à chacun des sujets avait pour objectif de collecter l'ensemble des activités vécues durant un séjour à l'hôtel et de faciliter leur réminiscence lors des entretiens utilisateurs. Des entretiens semi-directifs ont ensuite été conduits en s'appuyant sur les activités décrites dans les carnets individuels. La phase exploratoire du programme de recherche a donc utilisé la production langagière de clients d'hôtel recueillie lors d'entretiens en face à face. Cette méthodologie, centrée sur l'utilisateur, avait pour but de donner l'accès aux représentations, aux souvenirs et ainsi aux attentes et besoins en termes d'environnements lumineux, du point de vue des clients d'hôtel. Pour ce faire, dans un premier temps, une analyse sémantique du corpus obtenu a été effectuée pour connaître comment les usagers exprimaient leur perception de l'environnement lumineux durant leur séjour à l'hôtel, les similitudes et les différences dans leurs jugements. Pour cela, toutes les expressions ont été regroupées par thématiques. Dans un deuxième temps, une analyse collective de contenu a été réalisée par un groupe d'experts, ce qui a permis de mettre en évidence les thématiques consensuelles et divergentes dans l'étude des perceptions de l'environnement lumineux en contexte. L'analyse a plus particulièrement permis d'identifier les paramètres des environnements lumineux des clients qui apparaissaient de manière récurrente dans les discours, témoignant ainsi de leur importance dans les jugements d'appréciation des clients.

La deuxième phase de notre programme de recherche avait pour objectif la conception d'un dispositif expérimental utilisé *in fine* pour mieux comprendre l'influence des situations d'usages et des caractéristiques individuelles sur la perception des environnements lumineux dans une chambre d'hôtel. En ce sens, l'étude en situation virtuelle a été réalisée dans le but d'identifier quel(s) étai(en)t le(s) paramètre(s) pertinent(s) à faire varier pour étudier de la perception des environnements lumineux en situation réelle. 39 environnements lumineux ont été modélisés pour représenter virtuellement un grand nombre de scénarios d'éclairage réalisables dans une chambre d'hôtel. Un même design de chambre a été utilisé pour toute la durée de l'étude. Chaque scénario a été évalué selon la méthodologie validée par la communauté scientifique, à savoir l'usage d'images de synthèse de scènes modélisées en trois dimensions (3D) et présentées sur écran en deux dimensions (2D) à un panel d'observateurs sollicités pour évaluer l'apparence visuelle de celles-ci (Newsham, *et al.*, 2010). À l'aide d'un dispositif expérimental portable, installé au bar de l'hôtel, les images photo-réalistes bidimensionnelles calibrées ont été évaluées par des clients d'hôtel (N=103, 60% clientèle business). L'objectif pour les individus interrogés était de sélectionner par série, les



scénarios d'éclairage le moins apprécié et le plus apprécié de la série, à l'aide d'un questionnaire auto-administré. L'étude était déclinée en deux temps. Le premier visait à étudier l'influence des paramètres de l'éclairage sur l'apparence visuelle globale de la chambre, le deuxième visait à étudier l'influence des paramètres de l'éclairage en lien avec une situation d'usage. Les résultats de cette phase ont mis en évidence les paramètres lumineux ayant une influence sur le jugement d'appréciation en situation virtuelle. Les retombées opérationnelles de ce travail ont donc consisté à une série de recommandations destinées aux architectes et ingénieurs grâce à l'identification des paramètres de l'éclairage à prendre en considération dans la conception d'environnements lumineux adaptés aux attentes des usagers. Concernant l'avancée du projet de recherche, cette phase nous a permis la sélection des deux paramètres de l'éclairage à faire varier en situation réelle.

La troisième phase de ce projet a été l'étude en situation réelle de l'influence de l'environnement lumineux sur le jugement d'appréciation des usagers de la chambre d'hôtel. Sur la base des résultats des deux phases précédentes, 203 clients d'hôtel ont été sollicités pour évaluer en situation réelle, quatre scénarios d'éclairage dans trois situations d'usage différentes. Les paramètres variables de l'éclairage ont été la teinte de la lumière et la quantité de lumière. Les scénarios ont été évalués durant trois situations : une situation de détente dont l'activité était de regarder un film à la télévision allongé sur le lit ; une situation de travail où les usagers devaient transcrire sur ordinateur un article de magazine, installés dos à la chambre, attablé au bureau ; une situation dans la salle de bains dont l'activité était d'imaginer une activité de soin de visage, face au miroir. Les résultats ont montré une préférence pour les scénarios à teintes chaudes quelle que soit la situation vécue, et un scénario à faible quantité de lumière pour la situation de détente et à forte quantité de lumière pour les deux autres activités nécessitant un confort visuel plus important.

### 2.3. Retombées opérationnelles

La contribution majeure de notre programme de recherche est la conception d'une méthodologie permettant la formulation et le recueil du jugement d'appréciation d'environnements lumineux dans un contexte encore très peu étudié, l'hôtellerie. Cette méthodologie, centrée sur l'individu, nous a permis de confirmer les données de la littérature existantes sur les préférences des individus dans des contextes largement explorés, tels que les bureaux et le secteur résidentiel. Ces recommandations s'adressent en partie aux professionnels soucieux de concevoir des environnements adaptés aux usages et usagers des contextes investigués.

Les phases majeures de la méthodologie sont les suivantes. La phase exploratoire permet de faire apparaître les représentations de la lumière par les usagers. La phase conceptuelle est nécessaire à



l'identification des paramètres de l'éclairage influençant l'évaluation d'un environnement. Enfin, la phase en situation réelle permet de mesurer l'effet des paramètres de l'éclairage, de la situation et des caractéristiques individuelles sur le jugement d'appréciation des usagers. Cette méthodologie en cascade, montre donc les phases majeures à considérer dans la conception d'environnements lumineux prenant en compte les préférences des utilisateurs finaux de ces espaces. Cette méthodologie est transposable à tout autre contexte faisant intervenir un individu interagissant avec son environnement selon différents usages. Autrement dit, pour un contexte d'étude similaire à celui que nous avons investigué, l'hôtellerie milieu de gamme, les résultats de notre projet de recherche permettent de formuler des recommandations opérationnelles destinées aux professionnels (architectes, designers et ingénieurs) soucieux de concevoir des espaces confortables et adaptés aux attentes et besoins des usagers ciblés.

Cependant, nous reconnaissons certaines difficultés dans l'adaptation de notre méthodologie à un autre contexte.

D'une part, la méthodologie employée, axée sur l'analyse qualitative ou quantitative du jugement des usagers, nécessite de solliciter les usagers concernés par les espaces à mettre en lumière. La méthode fondée sur des entretiens implique une longue période d'analyse qui consiste à la transcription mot à mot de la totalité des entretiens ainsi que l'analyse sémantique du discours effectuée manuellement (Giboreau, 2009). Le recrutement des individus n'est pas non plus une tâche à négliger dans la mise en place d'une telle étude. Enfin, la méthode fondée sur le recueil en situation réelle d'usage quant à elle, nécessite la conception d'une chambre expérimentale réaliste pour la mise en place d'une expérience en contexte réel des différentes situations d'usage investiguées pour chacun des usagers interrogés. Cette phase de conception est extrêmement coûteuse et longue ce qui explique pourquoi de plus en plus d'études se placent en situation virtuelle au moyen d'images de synthèse (Newsham, *et al.*, 2005). Autrement dit, l'inconvénient majeur de cette étude effectuée dans les conditions les plus réalistes possibles est sa longueur de réalisation, elle ne répond donc pas aux exigences des professionnels dont les objectifs sont le plus souvent à très court terme. Retenons la phase de test sur images virtuelles comme un compromis intéressant dans le cas où les contraintes de temps soient fortes.

D'autre part, ce programme de recherche portant sur la perception des environnements lumineux en contexte hôtelier, a été mené exclusivement dans une même chambre d'hôtel selon un design unique sur la totalité de projet. Nous pouvons alors poser la question de l'interaction entre la décoration et l'environnement lumineux sur l'appréciation globale de la chambre. Les résultats que nous avons obtenus sont-ils transférables à d'autres chambres d'hôtel dont la décoration, le style et l'agencement du mobilier seraient différents ?

Relativement à l'influence de la couleur sur le jugement d'appréciation des environnements lumineux, la littérature compte plusieurs études à ce sujet. Küller (Küller, *et al.*, 2006) a montré que plus un espace est coloré, meilleur sera le jugement d'appréciation global de la pièce, quelles que soient les variations de scénarios d'éclairage, du point de vue des occupants. Ces travaux sont dans la continuité des travaux de Boyce (Boyce & Cuttle, 1990) qui ont montré que le changement de couleur du décor n'impacte pas le jugement d'appréciation de scénarios à teintes chaudes. À noter cependant que l'auteur a montré une évaluation moins favorable pour des environnements dont la couleur dominante est le rose, éclairés par des scénarios à teintes froides (6200 K). De manière plus globale, Boyce a interprété l'absence d'interaction entre la couleur de la pièce et l'éclairage ambiant comme une adaptation au changement d'ambiance de l'individu. Ici, la période d'adaptation nécessaire à la formulation d'un jugement d'appréciation fiable, n'a pas été définie précisément. Des travaux supplémentaires seraient intéressants à mettre en place pour clarifier ces derniers éléments. La littérature recense donc des travaux sur les effets du changement de couleur en interaction avec les variations de qualité de l'éclairage sur le jugement d'appréciation, l'effet semble être minime. Par ailleurs, à notre connaissance, il n'existe pas d'études mesurant l'influence du design global d'une pièce sur le jugement d'appréciation des environnements lumineux. Boyce *et al.* (Boyce & Cuttle, 1990) ont préconisé cependant de porter une attention particulière aux variations de réflectance du mobilier, qui pourraient influencer la quantité de lumière perçue, dans la continuité des travaux de Flynn (Flynn, *et al.*, 1973).

Toutefois, plusieurs des paramètres contribuant à l'appréciation d'un environnement lumineux en hôtellerie n'ont pas été pris en compte dans ce programme de recherche et mériteraient d'être considérés. Parmi eux, le système de contrôle de l'environnement lumineux. En effet, les résultats de l'étude exploratoire de notre programme de recherche met en avant l'ergonomie des interfaces permettant le contrôle simple et intuitif des environnements lumineux à l'intérieur de la chambre (Fernandez, sous presse). Dans le passé, le système de contrôle d'une lampe incandescente était un commutateur unique. En effet, la technologie n'était capable de fournir qu'une quantité de lumière précise, définie par une température de couleur unique. Aujourd'hui, la technologie LED introduit de nouvelles possibilités dans le domaine de l'éclairage artificiel avec notamment la possibilité de gradation des dimensions photométriques et colorimétriques produites par la source (Aliakseyeu, van Boerdonk, & Mason, 2011). La multiplication des possibles en termes de scénarios d'éclairage depuis une même source, augmente par la même occasion son système de commande. L'interface classique de la lampe incandescente n'est donc plus aujourd'hui adaptée à la gestion d'une telle technologie et ne permet pas non plus de répondre aux attentes de plus en plus diverses des usagers

en termes d'environnements lumineux. Les systèmes de commande se complexifient pour pouvoir assurer un grand nombre de scénarios d'éclairage et convenir aux attentes diverses des usagers des différents contextes d'usages.

Cependant, le secteur de l'hôtellerie ne peut se permettre de proposer un système de contrôle complexe. Ceci pour deux raisons majeures. La première est le temps limité des clients passé dans la chambre d'hôtel. Cette faible période ne permet pas une période d'apprentissage et d'adaptation à un système de contrôle complexe. La deuxième est la volonté clairement exprimée des usagers des espaces hôteliers de bénéficier d'une interface simple et intuitive (chapitre 5). Or, à ce jour, il n'existe pas à notre connaissance de preuves empiriques permettant la conception d'interfaces adaptées aux attentes des usagers dans le secteur de l'hôtellerie.

Il devient important d'aller plus loin dans les efforts consacrés à la conception d'interfaces pour définir les orientations pour de nouvelles formes d'interaction utilisateur avec la lumière

## **4. Conclusion générale**

Ce projet de recherche a contribué à l'amélioration de la connaissance relative à la construction de l'expérience perceptive des usagers dans un environnement physique. Ce projet a montré notamment l'influence de la situation d'usage sur la formulation du jugement d'appréciation relatif d'un environnement lumineux. Alors que les caractéristiques inter-individuelles classiques ne permettent pas d'expliquer clairement l'hétérogénéité des perceptions, l'analyse sémantique du discours de l'utilisateur apporte certains éléments de réponse. Ce projet de recherche apporte également une contribution méthodologique à l'étude de la perception de l'environnement physique par ses usagers. L'approche en trois phases que nous avons suivie permet une meilleure compréhension de l'interaction entre l'individu et son environnement physique, des modes de représentation de l'individu à la mise en évidence des préférences. Plus généralement, ce projet de recherche propose un schéma d'étude des phénomènes perceptifs en prenant en compte la diversité des activités, des clients et des solutions physiques dans la construction du jugement perceptif global.

D'un point de vue opérationnel, la finalité de ce projet est un modèle d'optimisation de la qualité perçue pour l'hôtellerie qui prend en compte les processus cognitifs en situation ainsi que les caractéristiques de la lumière en interaction avec les éléments de design des espaces éclairés. En d'autres termes, ce projet délivre des résultats directement exploitables par les professionnels du secteur de l'hôtellerie, ingénieurs et concepteurs-lumière en induisant une simplification du processus de conception de futurs environnements lumineux confortables pour un contexte similaire. En perspective, la validation du modèle de qualité perçue comprendra également l'évaluation de sa robustesse pour des situations nouvelles prenant comme clés d'entrée de nouveaux usages par catégorie d'établissement et de clientèle.

En définitive, ce programme de recherche sur la perception des environnements lumineux en contexte hôtelier ouvre différentes pistes de recherche.

Concernant l'influence des paramètres de l'éclairage, nous pensons intéressant d'étudier la dimension de répartition de la lumière dans les contextes considérés. En effet, d'un point de vue perceptif, ce paramètre semble augmenter la sensation d'espace d'une pièce et contribuerait à augmenter la sensation de confort perçu.

Concernant l'influence des situations d'usage, nous avons évoqué l'intérêt de définir de manière précise les périodes d'exposition des usagers aux différents environnements lumineux en fonction du contexte et des objectifs d'étude. D'une part pour connaître quelle est la période d'exposition

pertinente à considérer pour l'étude des jugements d'appréciation des usagers, entre l'exposition à court terme ou à long terme, d'autre part, pour mettre en évidence l'ensemble des situations vécues ponctuant l'expérience perceptive de l'utilisateur et contribuer à un meilleur confort perçu.

Enfin, relativement aux usagers, les caractéristiques individuelles influençant le phénomène de perception méritent d'être étudiées plus largement, en considérant d'une part l'incidence de l'évolution au cours du temps du bagage physiologique de l'individu sur le jugement d'appréciation et d'autre part les critères psychologiques segmentant de la population.

D'un point de vue méthodologique, notre étude soulève la question la formulation du jugement d'appréciation. Les questionnaires largement utilisés dans le domaine de l'éclairage font souvent l'objet d'une mauvaise interprétation des items aux bornes des échelles sémantiques. Nous proposons en perspective de recherche de procéder de manière plus approfondie à l'analyse linguistique des jugements perceptifs afin de mieux comprendre les attentes et les besoins exprimés des usagers et ainsi garantir la conception d'environnements confortables du point de vue son utilisateur final.



## **ANNEXES**

**A1. Equations relatives à la photométrie de la lumière blanche.**

- Flux, exprimé en lumens :

$$\Phi_v = k_m \int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} V(\lambda) \Phi_{e\lambda}(\lambda) d\lambda$$

Avec  $K_m$  683

$V(\lambda)$  est la fonction de sensibilité spectrale de l'oeil humain

$\Phi_{e\lambda}(\lambda)$  est le flux énergétique spectrique.

- Eclairement, exprimé en lux, sur une surface plane :

$$E = \frac{\Phi}{S_r}$$

Où  $S_r$  est la surface réceptrice.

- Eclairement ponctuel (cas général) :

$$E = \frac{I \cos \alpha}{d^2}$$

$$\begin{cases} I: \text{intensité} \\ d: \text{distance source - point} \\ \alpha: \text{angle d'incidence} \end{cases}$$

- Intensité, exprimée en candélas :

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

Où  $\Omega$  est l'angle solide sous lequel on voit la surface éclairée depuis la source.

- Luminance, en candelas par mètre carré :

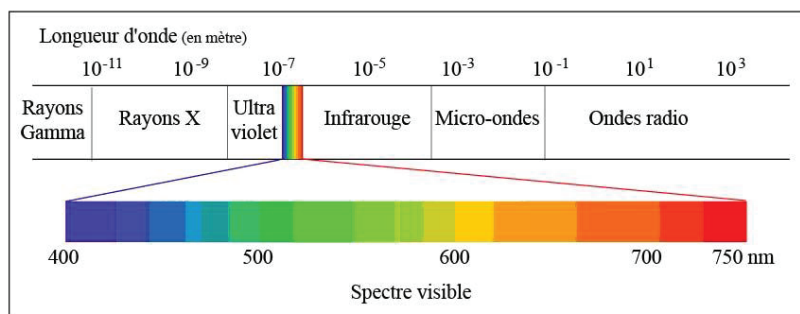
$$L = \frac{\Phi}{S \cdot \cos \theta \cdot \Omega}$$



## A2. Spécificité et fonction des photorécepteurs rétiniens

L'organisme n'est pas muni d'un bagage physiologique capable de recevoir l'ensemble des informations du monde. L'œil, l'organe récepteur de l'information visuelle extérieure, s'est spécialisé au cours de l'évolution à la réception des rayonnements optiques, une infime partie de l'ensemble des rayonnements électromagnétiques. Les cellules photosensibles de l'œil, les photorécepteurs ne sont donc sensibles qu'aux ondes électromagnétiques comprises entre 380 et 780 nm qui composent la fenêtre du visible (Halliday, *et al.*, 2001).

Alors que les yeux les plus primitifs réagissent uniquement à des modifications d'intensité lumineuse, d'autres plus complexes, sont capables de former des images, de percevoir des formes et des couleurs lorsqu'ils sont connectés à un système nerveux suffisamment performant pour interpréter les informations du monde environnant (Gregory, 2000).

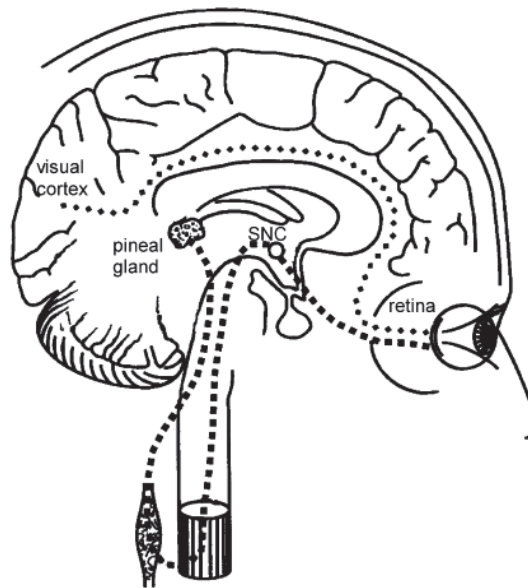


Rayonnement électromagnétique et spectre visible

Les cônes et les bâtonnets sont sollicités pour des niveaux d'éclairement différents. Au niveau de luminances le plus bas ( $10^{-9}$   $\text{cd/m}^2$  à  $10^{-2}$   $\text{cd/m}^2$ ), la nuit essentiellement, seuls les bâtonnets sont activés. On parlera de la vision scotopique. Dans ce cas, la vision des couleurs est impossible. Pour un éclairage normal d'intérieur ou sous la lumière du soleil ( $10^2$   $\text{cd/m}^2$  à  $10^6$   $\text{cd/m}^2$ ), seuls les cônes sont responsables du traitement de l'information, la réponse des bâtonnets étant saturée. La vision est alors nommée photopique. La vision mésopique ( $10^{-2}$   $\text{cd/m}^2$  à  $10^2$   $\text{cd/m}^2$ ) traduit l'activation des deux types de photorécepteurs. Ainsi, notre vision du monde est principalement due à l'activation des cônes. Le photopigment de chacun des photorécepteurs est également différent. Il s'agit de rhodopsine pour les bâtonnets, activés pour des longueurs d'onde courtes et de l'opsine de cônes, qui peut contenir trois sortes de pigments, chacun préférentiellement sensibles à une partie du spectre visible. Les cônes type L ont une sensibilité maximale pour les grandes longueurs d'onde ; les cônes type M pour les moyennes longueurs d'onde et les cônes S pour les courtes longueurs d'onde. Pour chacun des cônes S, M et L, les maxima du pic d'absorption sont respectivement aux alentours de 440 nm (bleu), 535 nm (vert) et 565 nm (jaune) (Gegenfurtner et Kiper, 03). La combinaison du

signal des trois cônes permet la perception d'une grande variété de couleurs par le système visuel humain.

La mélanopsine, le photorécepteur plus récemment découvert, est responsable de la régulation de l'horloge biologique. Son photopigment a une sensibilité chromatique définie dans la région bleu-vert (480 nm) du spectre lumineux, il régule un spectre de réponses "non visuelles" à la lumière : synchronisation des rythmes circadiens et du cycle veille-sommeil au cycle jour-nuit, réflexe pupillaire, état de la vigilance et performances cognitives.



*Les deux voies de traitement de l'information visuelle (fins pointillés) et non visuelle.*

*Les neurones de la voie du traitement de l'information visuelle débutent dans la rétine et se projettent dans le cortex visuel. Cheminement des informations non visuelles depuis la rétine jusqu'à la glande pinéale (siège de l'horloge biologique) via le noyau supra chiasmatique (source van Bommel, 06).*

En d'autres termes, la lumière pénétrant dans l'œil est captée par des cellules photosensibles, les photorécepteurs de la rétine qui modifient leur comportement physiologique. La modification morphologique des photorécepteurs stimulés entraîne la transduction du signal. La stimulation des cônes est à l'origine d'un message nerveux transmis dans les aires visuelles du cerveau par l'intermédiaire des cellules ganglionnaires, pour le traitement des informations visuelles dans les aires du cortex visuel et associatif, d'une part. Elle permet alors une sensibilité visuelle spectrale. D'autre part, les informations non visuelles captées par la mélanopsine, sont acheminées dans les centres nerveux via le noyau supra chiasmatique, jusqu'à la glande pinéale, le siège de l'horloge biologique.

Notons que, à ce stade là, l'interprétation du signal est déjà bien entamée. Cependant, contre la croyance populaire, l'image visuelle n'est pas une photographie de l'environnement projetée sur la rétine et ne formant pas une image instantanée, détaillée et colorée aussi riche de sens que celle

dont nous avons le vécu subjectif. L'image projetée sur la rétine est grossière, échantillonnée de manière très inhomogène, empreinte de zones masquées par une vascularisation abondante et amputée de photorécepteurs sur toute la surface à la base du nerf optique. Sur la rétine, la répartition de lumière issue de l'environnement est très sommaire et sans couleur.

#### Les cellules ganglionnaires, première étape dans le traitement de l'information

Il existe deux types de cellules ganglionnaires, les ganglions magnocellulaires et les ganglions parvocellulaires qui ont une organisation moléculaire similaire mais régissent des mécanismes perceptifs différents.

Les cellules ganglionnaires de la rétine ont une organisation concentrique centre-pourtour des champs récepteurs, l'un central et l'autre périphérique. Le champ central reçoit une stimulation excitatrice ou inhibitrice provenant de la réponse neurale à une excitation accompagnée d'une réponse antagoniste sur les champs récepteurs périphériques.

La sensibilité de chacun des deux groupes de cellules est différente. La sensibilité de groupes de cellules parvoganglionnaires est responsable de la perception des couleurs. Les cellules du ganglion magnocellulaire reçoivent quant à elles, les informations sommées des cônes M, sensibles aux moyennes longueurs d'ondes et des cônes L, sensibles aux grandes longueurs d'ondes. Il n'y a pas de différenciation chromatique pour ce signal. Les cellules magnocellulaires sont responsables de la transmission des informations temporelles et spatiales. De ce fait, la quantité de lumière est analysée grâce à l'activité des cellules magnocellulaires.

Par ailleurs, quand le champ de vision s'élargit, la quantité de lumière perçue est le résultat de l'activité combinée des cellules magno- et parvocellulaires. Par conséquent, le traitement de la quantité de lumière est relatif à un type de tâches. La lumière perçue lors d'une tâche de lecture par exemple est dite fovéale ; elle se caractérise par un champ lumineux restreint qui se définit par des variations d'éclairement. Or, l'évaluation d'un environnement lumineux est un phénomène plus global qui implique des signaux chromatiques. Le traitement des informations d'un environnement lumineux implique alors les deux types des cellules ganglionnaires.

Les cellules ganglionnaires de la rétine envoient leurs axones vers diverses structures centrales aux fonctions différentes. Les axones s'assemblent en faisceaux à la sortie de la rétine et forment le nerf optique. Cette zone de la rétine ne contient pas de photorécepteurs, elle n'est pas sensible à la lumière. Elle donne lieu au phénomène perceptif de la tâche aveugle, autrement appelé scotome physiologique. Le scotome est une lacune dans le champ visuel, due à une lésion de la rétine ou des voies visuelles centrales, souvent accidentelle, qui entraîne un déficit sensoriel. Or, le scotome physiologique, bien qu'il représente une lacune étendue dans chacun des champs visuels

monoculaires, n'est pas un phénomène conscient pour l'individu. En effet, avec les deux yeux ouverts, les informations concernant la région correspondante de l'espace visuel sont disponibles à partir des informations sur la rétine de l'autre œil. Mais ceci n'explique pas pourquoi on ne perçoit pas la tache aveugle quand on ferme un œil. Quand on regarde le monde d'une vision monoculaire, le système visuel reconstruit la partie manquante de la scène en se fondant sur les informations émanant des régions proches. Ce phénomène perceptif inconscient illustre l'interprétation permanente du monde par l'individu.

Nombre de psychologues et de neuropsychologues dont V. S. Ramachandran en tirent argument pour affirmer que le cortex visuel "complète" l'information non relayée par le point aveugle. Le philosophe Daniel Dennett préfère l'idée que le cortex visuel "ignore" ou "néglige" l'absence d'information en provenance de cette région.

On notera la présence dans la rétine de neurones bipolaires, de cellules horizontales et cellules amacrines, des cellules servant d'intermédiaires entre les photorécepteurs et les cellules ganglionnaires. De manière générale, ces cellules permettent d'augmenter l'acuité visuelle notamment, mais toutes leurs fonctions ne sont pas encore bien connues.

Le nerf optique est constitué d'un million de fibres nerveuses environ et a pour rôle de conduire les informations au cerveau, en passant par différents relais. Les projections les plus importantes se font vers une structure située entre le thalamus et le mésencéphale appelée prétectum, pour le contrôle du réflexe pupillaire à la lumière, vers l'hypothalamus pour la régulation des rythmes circadiens, vers le colliculus supérieur pour la régulation des mouvements de la tête et des yeux et vers le corps genouillé latéral pour l'élaboration des perceptions visuelles.

### **A3. Principes de réalisation des images virtuelles en 2D de la chambre d'hôtel**

Aujourd'hui de nombreuses techniques de rendu, d'algorithmes et de logiciels dédiés sont disponibles pour créer des images de synthèse photo réalistes. Une fois générées, les images sont alors présentées à un panel d'observateurs en utilisant différentes méthodes d'affichage, de l'écran LCD à l'environnement stéréographique complexe. La qualité de ces images est telle que de plus en plus d'études en éclairage se basent sur des images générées par ordinateur comme stimuli, au lieu de photographies ou de maquettes réelles.

Nous avons décidé de baser notre méthodologie sur des images de synthèse rendues sur le moteur de rendu 3D, Vray (<http://chaosgroup.com/en/2/vray.html>). Le choix de Vray a été motivé par plusieurs aspects. Tout d'abord, Vray est largement utilisé dans le domaine du design architectural, il nous a semblé bien adapté pour la création des images de la chambre virtuelle de l'hôtel Mercure que nous utilisons pour notre étude. D'un point de vue pratique, le moteur de rendu Vray est un module complémentaire au logiciel de modélisation 3D, 3DS MAX, utilisé au laboratoire des sciences de l'habitat pour la création de scènes 3D.

La raison principale de notre choix est la capacité de Vray à produire des images de haute qualité, même si cette application n'a pas été validée quant à la précision de son moteur de calcul d'un point de vue physique. Au moment de notre étude nous n'avions pas toutes les garanties quant à l'exactitude des simulations de lumière faites au sein de Vray. Néanmoins, puisque notre étude porte sur le confort visuel l'exactitude de Vray pour simuler des quantités photométriques de manière exacte n'est pas le plus important. Nous avons eu à nous concentrer sur la capacité du logiciel à simuler correctement la distribution de la lumière dans la chambre. De plus, comme les résultats de cette étude constituent une aide à la décision pour le choix de scénarios d'éclairage dans une chambre réelle, le moteur de rendu devait d'abord être capable de produire des images visuellement convaincantes.

Techniquement parlant, Vray implémente tous les principaux algorithmes de transport de lumière et de rendu d'images: le photon mapping, le bi-directionnel path tracing et l'irradiance caching. Toutes ces techniques basées sur des algorithmes évolués de Monte Carlo, ce qui donne une indication de la fiabilité du moteur en termes de transport de la lumière. De plus Vray fournit un système robuste d'édition de matériaux qui permet la définition précise des matériaux. Vray supporte également un module de définition de sources lumineuses qui permet à l'utilisateur de spécifier des données physiques telles que le flux, la température de couleur, la distribution, etc.. Toutefois Vray ne supporte pas le calcul spectral. Quoi qu'il en soit, mettre les choses en place dans Vray ne nécessite pas une connaissance avancée de la physique. Cette facilité d'utilisation a également été une motivation supplémentaire pour le choix de Vray.

Comme mentionné précédemment les images ont été produites avec un logiciel de modélisation 3D, et traitées par le moteur de rendu Vray. L'étape de modélisation consiste à construire les éléments de la scène en 3D, par le biais d'un logiciel de modélisation, 3DS max dans notre cas. Comme notre scène 3D a été faite d'après une chambre réelle, nous avons dû recueillir des informations sur les dimensions de la pièce, les données physiques et photométriques comme l'éclairage, les facteurs de réflectance, etc.. Ces informations ont ensuite été entrées à la fois 3DS max et Vray pour simuler correctement la propagation de la lumière et ainsi produire des images le plus proche possible de la scène réelle.

Nous avons d'abord créé la géométrie de la scène dans 3ds Max et nous avons entré les propriétés des matériaux qui ont été recueillies au préalable. Aussi, nous avons créé dans 3ds Max différents types de luminaires car le design des sources de lumière fait partie des stimuli de notre expérience. La conception de la forme du luminaire était une étape importante de notre travail en raison de son impact sur la distribution de la lumière. En outre, les luminaires conçus devaient être facilement usinables et financièrement abordables dans le cadre d'un processus de réalisation industrielle.

Comme mentionné précédemment, Vray est livré avec un ensemble d'outils permettant la définition des propriétés des sources de lumière et l'édition de matériaux. Nous avons mis en place les coefficients de réflexion, les coefficients de transmission, la couleur, les propriétés de surface supplémentaires, tels que la rugosité, les reflets, et la BRDF (fonction bidirectionnelle de distribution et de réflectance). Cependant Vray n'étant pas un logiciel d'ingénierie cette étape a été faite de façon intuitive avec un ensemble limité de paramètres. Aussi Vray ne dispose pas de la possibilité de charger des BRDF mesurées. Toutefois, les matériaux définis dans Vray sont basés sur des modèles mathématiques suffisamment robustes pour garantir un degré élevé d'exactitude. Mais le plus important pour nous est que les images ainsi générées soient visuellement convaincantes.

La modélisation de la lumière dans Vray peut être faite en utilisant plusieurs méthodes. Il est possible de spécifier un fichier photométrique ou de modéliser la géométrie de la source de lumière. Nous n'avons pas utilisé le format de fichier photométrique pour simuler les sources de lumières bien que l'utilisation de ces fichiers soit très pratique. Les fichiers photométriques stockent des données mesurées précises qui permettent de reproduire la répartition exacte de lumière d'un luminaire donné. Mais bien qu'elle soit utile, cette technique a quelques inconvénients et ne fonctionne pas correctement pour les lampes de chevet telles que celles nous avons eu à traiter dans la chambre d'hôtel. Ainsi, en plus de la modélisation de la forme du luminaire, nous avons modélisé l'ampoule elle-même. Heureusement Vray propose des outils pour ce faire. Nous avons donc spécifié les

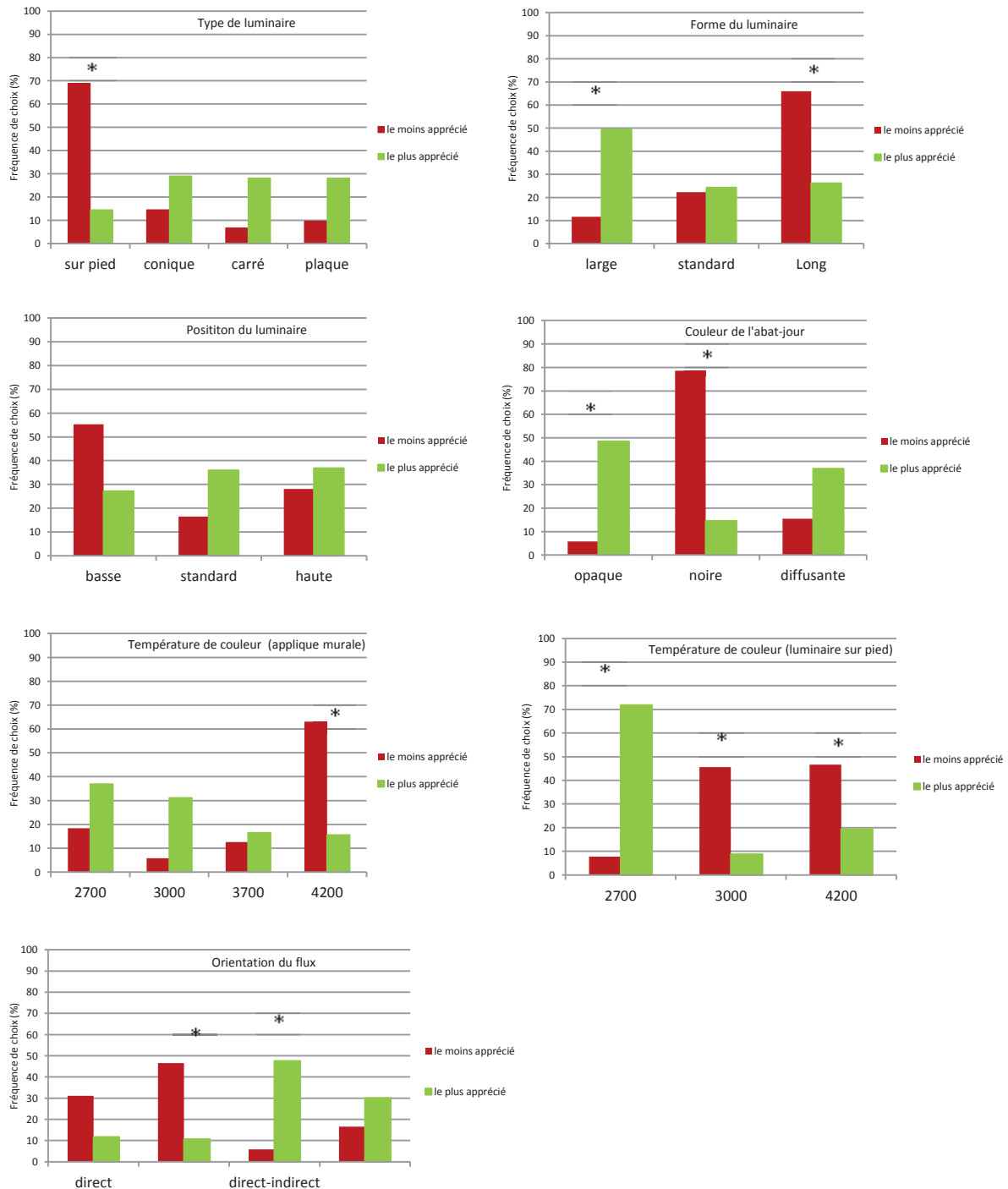
propriétés physiques: les flux en lumens, les températures de couleur, la distribution de lumière (c'est-à-dire lambertienne, orthotrope, isotrope, etc.).

L'étape finale a consisté en la mise en place des paramètres de calcul dans Vray afin de calculer la propagation de la lumière et de générer les images. Cela implique le choix des algorithmes de rendu et le réglage de certains paramètres. Nous avons choisi des algorithmes basés sur l'approximation et d'interpolation afin d'obtenir un calcul fiable en un temps raisonnable. Nous avons utilisé un opérateur de tone mapping linéaire générique, présent par défaut à l'intérieur de Vray. Bien que le tone mapping soit un sujet important dans les tests visuels, ce n'était pas l'objet de notre expérience, il n'a donc pas été étudié dans cette enquête

De même que le tone mapping, certains aspects psycho-visuels tels que l'éblouissement ou l'adaptation visuelle n'ont pas été pris en compte. Il s'agit d'une limite de cette étude car l'éblouissement est un sujet important dans l'éclairage, en particulier lorsqu'il s'agit d'éclairage à base de LED. En outre, les aspects colorimétriques ont été négligés. C'est aussi une limite de notre travail car la température de couleur est un stimulus évalué par le panel d'observateurs. Tel que mentionné précédemment Vray ne simule pas les propriétés spectrales de la lumière. En outre, un écran LCD a un faible gamut et convertit les données spectrales en un signal RVB, ce qui est plus restrictif qu'une représentation spectrale complète.

## A4. Influence de la formulation de la question sur les préférences (chap. 6)

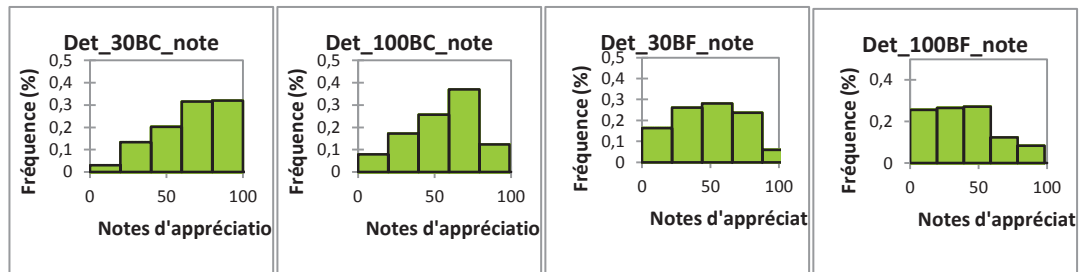
Les graphiques ci-dessous représentent les fréquences de choix des scénarios les plus appréciés (en vert) et les moins appréciés (en rouge). Les scénarios non choisis sont représentés en blanc. Les astérisques représentent visuellement les différences significatives de distributions des fréquences. Test du  $\chi^2$   $p < 0,05$ .



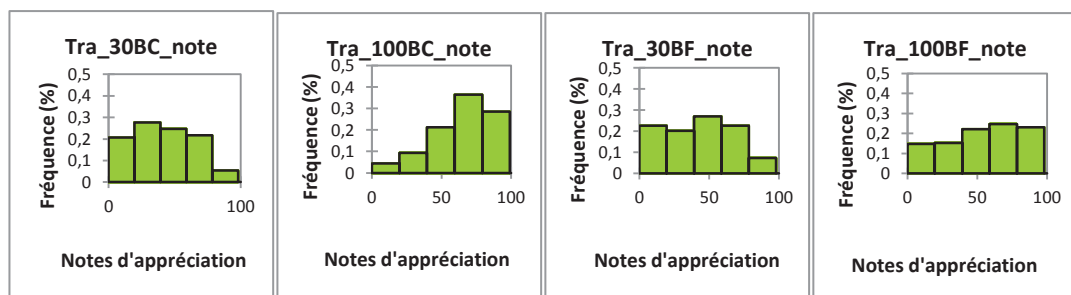


## **A5. Distribution des notes d'appréciation des scénarios en fonction de la situation (chap. 7)**

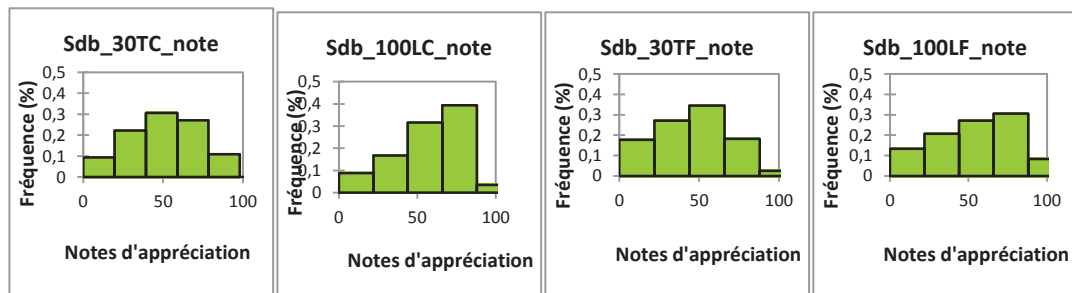
### Situation Detente



### Situation Travail

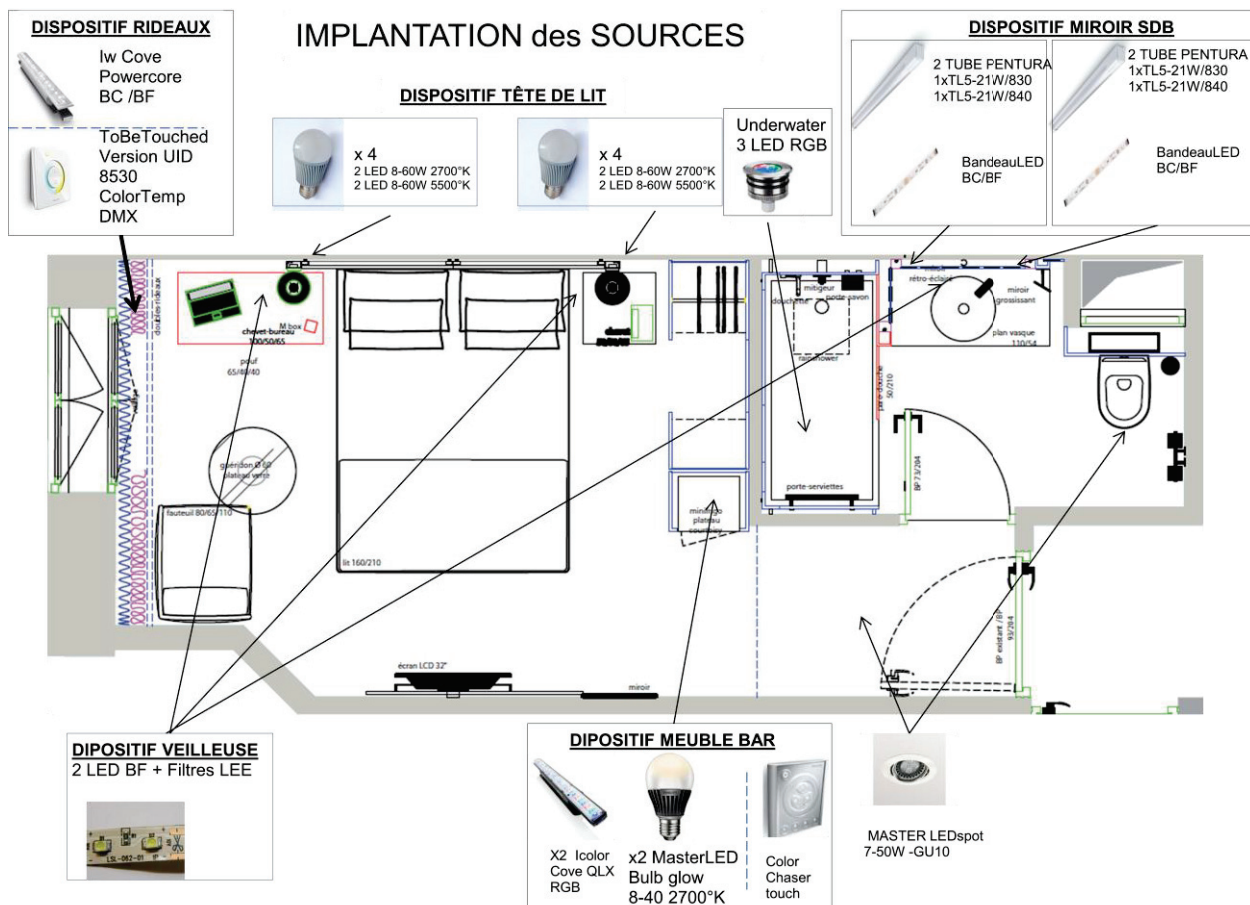


### Situation dans la Salle de bains








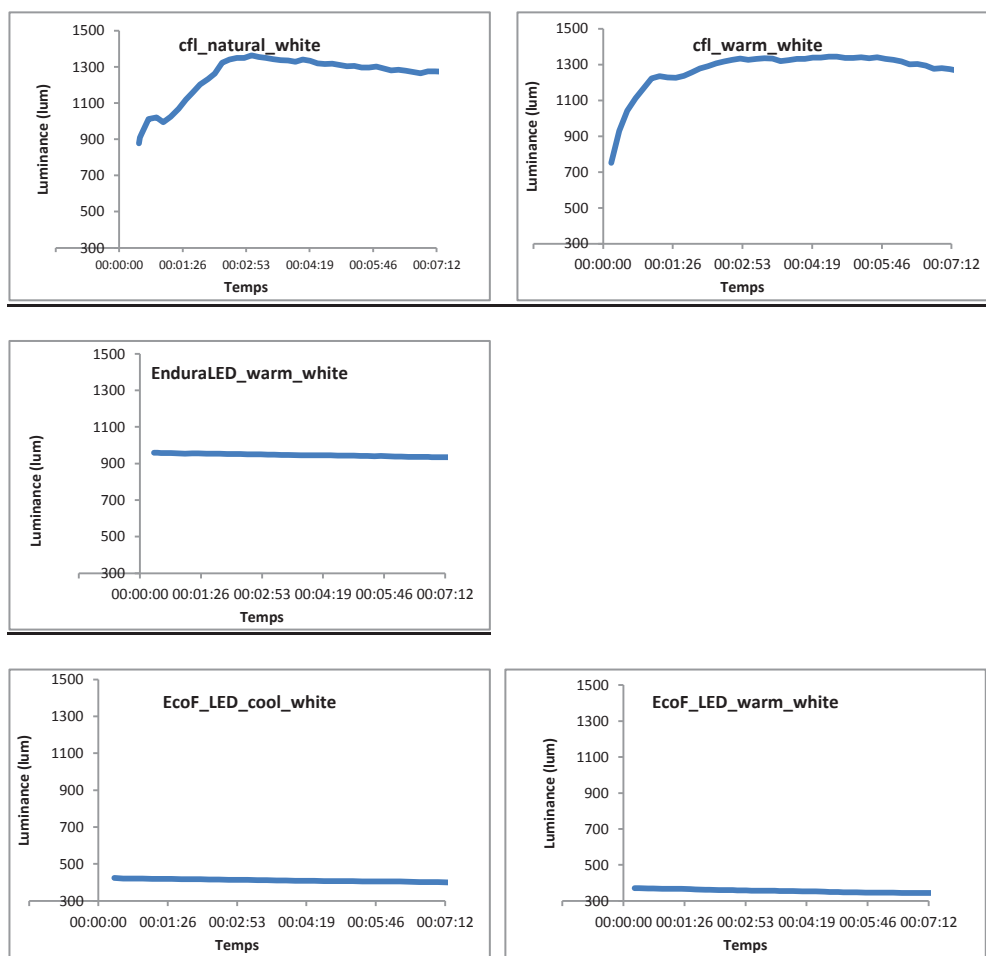
## A6 b. Implantation des sources lumineuses dans la chambre pilote



### A6 c. Choix et caractéristiques des lampes des luminaires (Chevets et Meuble Bar)

Forme de la lampe					
Type de la lampe	Cfl_natural white	Cfl_warm_white	MasterLED warm_white	EcoF_LED cool_white	EcoF_LED warm_white

#### Mesure de la chauffe de la lampe : the long time stability



Mesure du retard à l'allumage de lampes. Mesure du flux (lum) en fonction du temps et des technologies : Lampes fluocompactes Blanc naturel(A), Blanc froid (B), Blanc Chaud (C) ; Lampes à LED : MasterLED Blanc chaud (D), EcoFriend Blanc froid (E), EcoFriend Blanc chaud (F). Utilisation du logiciel Sphere Optics

En ce qui concerne le comportement des lampes fluo-compactes, à la mise sous tension, le flux est respectivement de 60% pour la lampe en blanc froid et de 55% pour la lampe en blanc chaud. Il faut un délai de 3min pour que la lampe atteigne 100% du flux pour la lampe en blanc chaud et un délai de 4min40 pour la lampe en blanc froid. A t=8min, la perte en flux des lampes est de 9% pour la lampe en blanc froid et de 7% pour la lampe en blanc chaud.

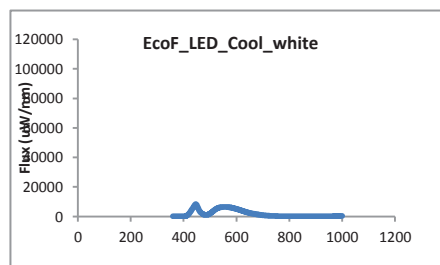
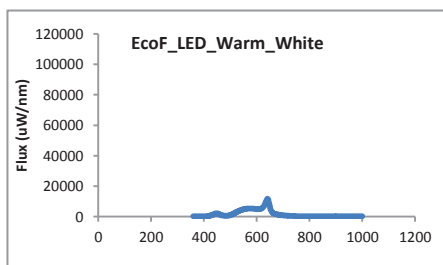
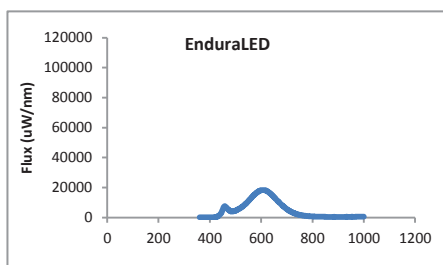
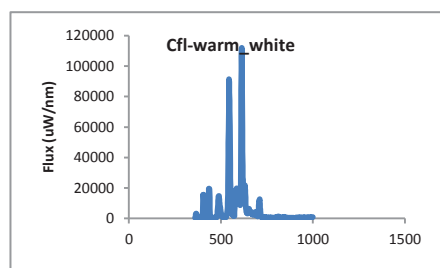
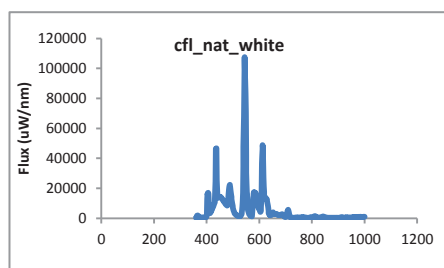
En ce qui concerne le comportement des lampes à LED, elles ont un flux relativement stable sur la durée des mesures. On constate un flux de 100% dès la mise sous tension de la lampe et la perte de flux à  $t=8\text{min}$  est respectivement de 3% pour la lampe MasterLED, de 9% pour la lampe EcoFriend Blanc chaud, et de 7% pour la lampe EcoFriend Blanc froid.

On constate que les EcoFriends quelle que soit la teinte de la lumière ont un flux (300 lm en moy) beaucoup moins important que le lampe MasterLED (900 lm en moy) et les lampes fluo-compactes (1200 lm en moyenne). La teinte de la lampe fluo-compacte en blanc froid (4000 K) étant trop éloignée de nos attentes, nous ne traiterons pas ces résultats.

### Mesure des valeurs spectrales des sources

Tableau 16: Caractéristiques photométriques des lampes étudiées

	Lampes fluo-compactes		Lampes à LED		
	cfl natural_white	cfl warm white	MasterLED	EcoF_LED Cool_white	EcoF-LED Warm_White
<b>Luminance (Lm)</b>	1181,77	1249,39	884,26	377,32	316,56
<b>Temp° Couleur (°K)</b>	5944	2777	2698	5178	2761
<b>IRC</b>	71,1	82,8	81,5	68,8	83,7



Spectres lumineux des lampes étudiées ( $\mu\text{W/nm}$ ) : Lampes fluocompactes Blanc naturel(A), Blanc Chaud (B) ; Lampes à LED : MasterLED BlancChaud (C), EcoFriend Blanc froid (D), EcoFriend Blanc chaud (E). Utilisation du logiciel Sphere Optics

Les lampes étudiées présentent des caractéristiques qui permettent de les distinguer les unes des autres.

Concernant les luminances, les lampes à LED EcoF, quelle que soit la teinte de la lumière, fournissent moins en quantité de lumière que les MasterLED (884 lm) et les 3 Fluo-compactes (1230 lm en moyenne).

Pour la température de couleur, quelle que soit la technologie, les valeurs sont similaires pour la teinte froide de la lumière (5000 K) et pour la teinte dite chaude de la lumière (2700 K).

Les IRC de chacune des lampes sont corrects : chacune des valeurs obtenues est comprise entre 60 et 90. Cependant, on notera le plus faible IRC pour l'EcoF-LED Cool\_white (68,8) et le plus fort IRC pour l'EcoF\_LED\_warm\_white (83,7).

En conclusion, à ce jour, les lampes qui correspondent au mieux à notre cahier des charges pour la construction du dispositif expérimental sont les lampes à LED EcoF\_LED, disponibles en blanc chaud et en blanc froid.

En effet, MasterLED qui présente les meilleures caractéristiques photométriques (flux très peu variable dans le temps, quantité de lumière importante permettant la gradation, un bon IRC) n'existe pas en blanc froid. Aussi, les fluo-compactes qui pourtant ont des caractéristiques photométriques similaires à la MasterLED selon nos mesures, présentent une montée en puissance trop lente pour que cette technologie puisse être intégrée dans notre protocole d'étude.



30 BC



100 BC



30 BF

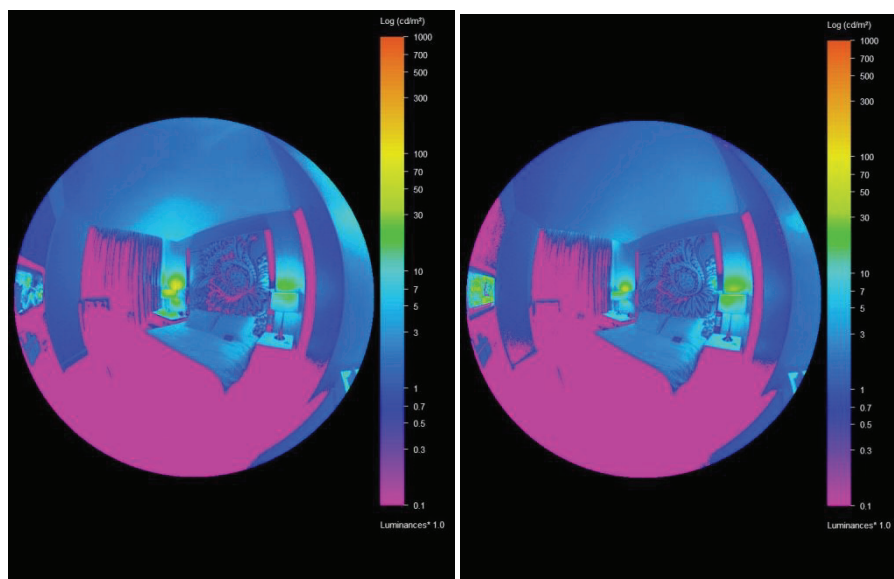


100 BF



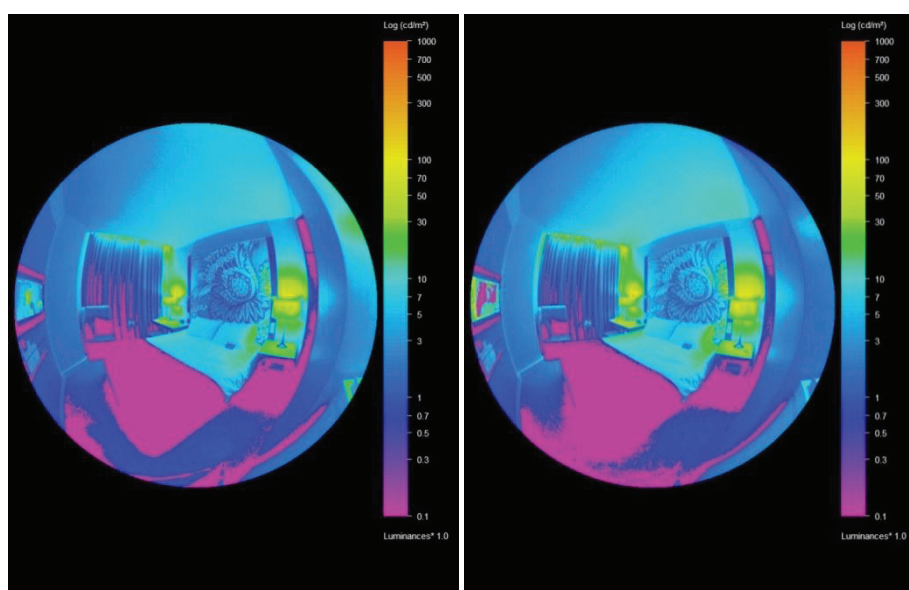
A6 e. Cartes des luminances des quatre scénarios d'éclairage de la chambre pilote, via le système

PHOTOLUX



30 BC

30 BF

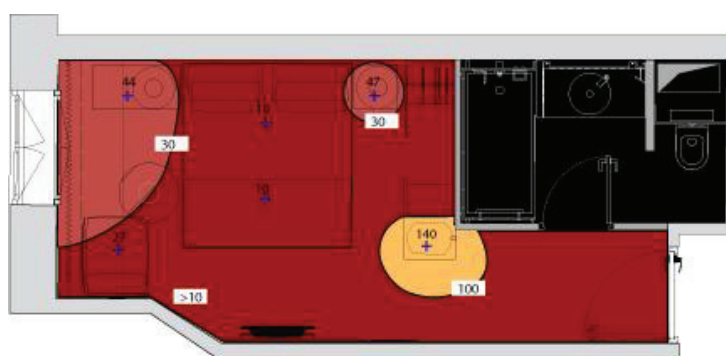


100 BC

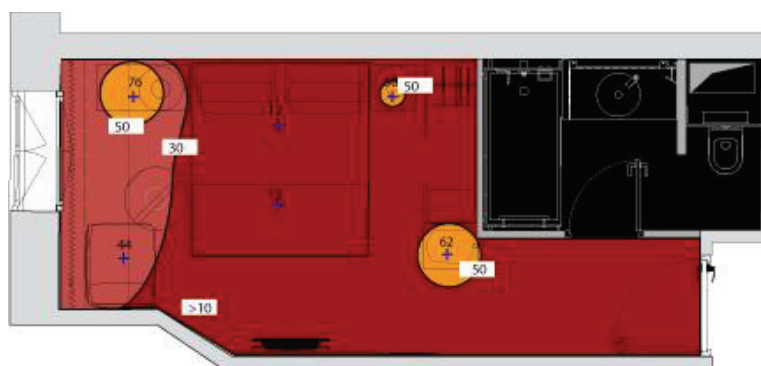
100 BF



A6 f. Cartes des éclairagements des scénarios d'éclairage de la chambre pilote



Scénarios d'éclairage en blanc chaud (haut : Faible, bas : Fort)



Scénarios d'éclairage en blanc froid (haut : Faible, bas : Fort)



- Grille d'entretien semi directif

Bonjour M/ Mme XX,

Tout d'abord, je vous **remercie** d'avoir répondu favorablement à ma demande et du temps que vous avez bien voulu m'accorder pour cet entretien.

Nous nous voyons aujourd'hui **dans le cadre d'une étude faite en interne à l'hôtel Mercure Lyon Lumière, l'objectif étant de connaître les facteurs contribuant au bien être des clients**. Je suis pour ma part, étudiante en thèse au Centre de Recherche de l'Institut Paul Bocuse et affiliée à l'ENTPE, et l'Hôtel m'a confié l'étude, laquelle fait partie intégrante de mon travail de thèse

Je pense que vous avez remarqué la présence du dictaphone. Le but de son utilisation est de pouvoir garder une trace de vos commentaires, tout en respectant votre confidentialité.

Pour rappel, il a été convenu que cet entretien se tienne sur une 30aines de minutes, bien sur, il pourra être prolongé si vous le désirez ou vous en avez la possibilité. Vous comprendrez aisément, mon intérêt en temps qu'étudiante, à recueillir des informations supplémentaires !

Je me propose de vous présenter le déroulement de cet entretien :

(1) Nous allons commencer par parler de façon générale sur les hôtels, de vos habitudes, vos critères d'appréciation, les détails qui vous semblent importants et auxquels vous avez l'habitude de porter une attention particulière.

(2) Ensuite, nous aborderons plus précisément ensemble votre séjour à l'hôtel Royal, pour cela, nous reviendrons sur les éléments que vous avez indiqués dans votre carnet.

Avez-vous des questions ou des commentaires avant de commencer ?

#### PREMIERE PARTIE

Nous allons dans un premier temps, parler généralement des hôtels.

- Dans un premier temps, j'aimerais connaître **les raisons** qui vous ont conduit à choisir l'hôtel Royal pour votre séjour à Lyon.

- Que **représente pour vous une ambiance de bonne qualité** dans un hôtel ?

- Selon vous qu'est ce qui est **important** pour un hôtel? Comment parvient-il à remplir ces critères ?

- Y a-t-il des éléments qui vous **plaisent** ?

- Y a-t-il des éléments qui vous **déplaisent** ?

- [si le confort a été abordé] : **Vous avez parlé de confort** ou bien-être ou qualité, comment **le/la caractérisez vous** ?

[si le confort n'a pas été abordé] : Si je vous dis confort, **qu'est ce que cela représente pour vous** dans un contexte hôtelier?

- **Quels sont les critères qui y contribuent ?**

Si je vous dis bien-être, qu'est ce que cela représente pour vous dans un contexte hôtelier?

- Est-ce variable selon les situations/ moments de la journée ?

## DEUXIEME PARTIE

*Donc maintenant, si vous le voulez bien, nous allons lire ensemble les éléments que vous avez rapportés dans votre carnet*

Lecture du carnet à haute voix par le client

*Pouvez-vous m'expliquer ce que vous entendez par...*

- Pouvez-vous **me parler de l'ambiance qui caractérise** cet hôtel.

- ☐ Qu'est ce qui est **important** pour cet hôtel ?
- ☐ Qu'est ce qui vous **plaît** ?
- ☐ Qu'est ce qui vous **déplaît** ?
- ☐ Éprouvez-vous de la **gêne dans certaines situations** ? Lesquelles ? Pouvez-vous les décrire ?

- Quelle est votre **première impression** quand vous rentrez dans cette **chambre**

- ☐ Que ressentez vous ?
- ☐ Comment pouvez-vous qualifier l'ambiance de cette chambre ?
- ☐ Pouvez-vous me parler des éléments qui y contribuent selon vous ?

- *L'ambiance lumineuse*

- ☐ **Vous avez parlé** d'ambiance lumineuse, d'éclairage, **comment le/la caractérisez vous** ?  
[si les ambiances lumineuses ont été abordées] :
- ☐ Et **si je vous parle à présent d'ambiance lumineuse**, d'éclairage, **que pouvez vous me dire** à ce propos pour cet hôtel?
- ☐ Vous n'avez pas mentionné l'ambiance lumineuse de la chambre. Comment la qualifierez-vous ?  
[si les ambiances lumineuses n'ont pas été abordées]
- ☐ Qu'est ce qui vous **plaît** ?
- ☐ Qu'est ce qui vous **déplaît** ?
- ☐ **Quels sont les critères qui y contribuent** ?
- ☐ Qu'est ce que selon vous est **important pour rendre une ambiance lumineuse satisfaisante/ agréable/ confortable** ?

- Est-ce que ces critères que vous venez de citer peuvent être variables selon les situations/ moments de la journée ?

- Quel serait pour vous les caractéristiques **d'une ambiance idéale** pour une chambre d'hôtel ?

## TROISIEME PARTIE

*Enfin, je voudrais recueillir quelques renseignements vous concernant, en vous priant de pardonner mon indiscretion*

*Quel âge avez-vous ?*

*Vous êtes venu seul, accompagné, en famille ?*

*Quel est le motif de votre déplacement ?*

*Quelle est votre profession ?*

*Êtes-vous un client habitué à séjourner dans les hôtels, dans cet hôtel ? Quel est votre niveau de fréquentation ?  
(Plusieurs fois/mois ; 1fois/mois ; plusieurs fois /an ; 1x par an)*

*Avez-vous des remarques à formuler par rapport à cet entretien ?*

*Je vous remercie de votre participation et du temps que vous avez bien voulu m'accorder.*

*En vous souhaitant une bonne fin de séjour.*

## A7 b. Questionnaires de la phase 2

L'étude se passe dans l'hôtel où la chambre test est conçue. Le recrutement des clients se fait lors de leur arrivée, entre 17 et 21h. Le questionnaire est auto administré.

### Partie 1

Les clients ont été interrogés pour évaluer les images créées, et indiquer les ambiances qui leur plaisent le plus et celles qui leur plaisent le moins. Pour chaque série d'images, les deux mêmes questions ont été posées :

- Quelle chambre vous plaît le plus ;
- Quelle chambre vous plaît le moins.

### Partie 2

Pour 3 des 10 séries, le client évalue les ambiances proposées pour une situation de vie donnée : regarder un film à la télévision, la découverte de la chambre à l'arrivée du client, prendre sa douche.

Le client choisit l'ambiance qu'il préfère puis évalue l'intensité lumineuse et la chaleur de la pièce (Selon moi, la pièce est lumineuse ; Selon moi la pièce est chaleureuse) en utilisant une échelle continue allant de « pas du tout » à « extrêmement ». Enfin, le client décrit l'image en sélectionnant parmi une liste de 15 mots ceux qui, selon lui, correspondent au mieux à l'image qu'il a choisie. Les mots sont issus du corpus de texte obtenu par l'étude exploratoire.

### Partie 3

Un formulaire papier est distribué avec des questions relatives au client (âge, profession, fréquentation des hôtels, trouble de la vision).

#### En général, quelle est la fréquence de vos séjours dans les hôtels ?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Tous les jours de la semaine | <input type="checkbox"/> 2 à 3 fois tous les 6 mois |
| <input type="checkbox"/> 2 à 3 fois par semaine       | <input type="checkbox"/> 2 à 3 fois par an          |
| <input type="checkbox"/> 1 fois par semaine           | <input type="checkbox"/> 1 fois par an              |
| <input type="checkbox"/> 2 à 3 fois par mois          | <input type="checkbox"/> Moins d'une fois par an    |
| <input type="checkbox"/> 1 fois par mois              |   |

#### En général, quelle est la fréquence de vos séjours dans les hôtels Mercure?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Tous les jours de la semaine | <input type="checkbox"/> 2 à 3 fois tous les 6 mois |
| <input type="checkbox"/> 2 à 3 fois par semaine       | <input type="checkbox"/> 2 à 3 fois par an          |
| <input type="checkbox"/> 1 fois par semaine           | <input type="checkbox"/> 1 fois par an              |
| <input type="checkbox"/> 2 à 3 fois par mois          | <input type="checkbox"/> Moins d'une fois par an    |
| <input type="checkbox"/> 1 fois par mois              |   |

Combien de temps dure votre séjour Mercure Beaux Arts ? (en nombre de nuits) \_\_\_\_ nuit (s)

Combien de personne(s) partage(nt) votre chambre ? ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ + Précisez \_\_\_\_\_

Si vous êtes accompagné, il s'agit :

- ☐ de votre conjoint(e) ou partenaire
- ☐ d'un ami(e)
- ☐ d'un collègue de travail
- ☐ d'un membre de votre famille

Quel est le motif de votre déplacement ? ☐ Professionnel ☐ Loisir

Quel âge avez-vous ? \_\_\_\_\_

Vous êtes : ☐ un homme ☐ une femme

Quelle est votre profession ? \_\_\_\_\_

Êtes-vous familier au domaine de l'éclairage ? ☐ Oui ☐ Non

Si oui, comment ? \_\_\_\_\_

### A7 c. Questionnaires de la phase 3

#### PREMIERE PARTIE : ENTRAÎNEMENT DE L'USAGER

Afin de sensibiliser la personne au système de notation sur échelle, le sujet recruté utilise le système de notation sur échelle (0 à 100) pour évaluer l'appréciation d'une chambre modélisée en 2D sur ordinateur.

*[Intervention de l'expérimentateur]*

*Avant de découvrir la chambre témoin et de commencer réellement l'étude à laquelle vous venez d'accepter de participer, nous allons commencer par une première partie vous permettant de vous familiariser au système de notation que vous allez utiliser par la suite.*

*C'est très simple, il suffit de visualiser l'image en vous imaginant qu'il est 20h, que vous entrez et découvrez cette chambre*



*Maintenant, veuillez répondre à la question suivante :*

**Il est 20h, vous arrivez dans votre chambre d'hôtel, l'ambiance générale de la chambre vous plaît-elle ?**

Pas du tout

Extrêmement

Le déroulement du test est alors explicité : les consignes sont alors données à l'oral et à l'écrit

*Vous allez vivre plusieurs moments dans la nouvelle chambre Mercure,*

- *Un moment de détente, à regarder un film à la télévision*
- *Un moment de travail sur ordinateur, installé au bureau*
- *Un moment à vous regarder dans le miroir de la salle de bain*

*Pour chacun de ces moments, nous vous proposerons plusieurs ambiances.*

➔ *L'objectif de cette étude est de connaître celles qui vous conviendront le mieux.*

*Ce carnet vous accompagnera pas à pas.*

*Chaque page du carnet correspond à l'évaluation d'une ambiance. Vous avancerez de manière autonome, au fil du questionnaire, en fonction du changement des ambiances.*

*Merci de ne pas anticiper la lecture des pages.*

## DEUXIEME PARTIE : L'EVALUATION DES SCENARIOS D'ECLAIRAGE

### LA SITUATION DETENTE

#### 1. Mise en situation de l'utilisateur

Pour évaluer chacun des scénarios, le sujet est installé sur le lit, la télévision est allumée sur un documentaire animalier

Le sujet vit le scénario pendant 2 minutes en se « détendant ».

#### 2. Consignes et différentes questions

*Vous allez regarder un film à la télévision pendant une dizaine de minutes.*

*Pour cela, veuillez vous installer confortablement sur le lit, à l'endroit qui vous conviendra le mieux.*

*Quatre ambiances différentes apparaîtront successivement.*

*Vous les évalueriez **au fur et à mesure** en utilisant les pages de votre carnet.*

##### 2.1. Evaluation sur échelle

A la fin des deux minutes, le sujet porte un jugement sur le scénario d'éclairage proposé pour regarder la télévision en répondant à la question :

**Pour regarder la télévision, l'ambiance proposée vous plaît :**

Pas du tout

Extrêmement

**Commentaires :** \_\_\_\_\_

Même démarche pour les 3 autres scénarios

##### 2.2. Choix

*Maintenant que vous avez vu les 4 ambiances lumineuses pour la situation « Détente » dans la chambre,*

*- choisissez celle qui vous plaît le moins*

*- choisissez celle qui vous plaît le plus*

*Chaque carré représente une ambiance, c'est-à-dire que le premier carré correspond à la première ambiance que vous avez vue, si c'est celle-ci que vous avez le moins appréciée c'est ce carré là qu'il faut cocher. et ainsi de suite.*

Enfin, le sujet répond aux questions de mémoire :

**Parmi les 4 ambiances pour le moment de détente, quelle est celle qui vous plaît le moins ?**

☐ ☐ ☐ ☐

**Parmi les 4 ambiances pour le moment de détente, quelle est celle qui vous plaît le plus ?**

☐ ☐ ☐ ☐

### LA SITUATION TRAVAIL

#### 1. Mise en situation du sujet

Pour évaluer chacun des scénarios, le sujet vit le scénario pendant 2 minutes en « travaillant » au « bureau ». A la fin des deux minutes, le sujet porte un jugement sur l'ambiance lumineuse proposée pour travailler en répondant à la question

#### 2. Mode de questionnement

*A présent, vous allez travailler sur ordinateur. Installer vous confortablement au bureau,*

*Je vais vous présenter une série de 4 scénarios d'éclairage que vous allez évaluer successivement.*

*Voici le premier scénario d'éclairage.*



## 2.1. Evaluation sur échelle

**Pour travailler au bureau, l'ambiance proposée me plaît :**

Pas du tout

Extrêmement

**Commentaires :** \_\_\_\_\_

Même démarche pour les 3 autres scénarios

## 2.2. Choix

*Maintenant que vous avez vu les 4 ambiances lumineuses pour la situation « Travail » dans la chambre,*  
*- choisissez celle qui vous plaît le moins pour travailler*  
*- choisissez celle qui vous plaît le plus pour travailler*

**Parmi les 4 ambiances proposées pour le moment de travail, quelle est celle qui vous plaît le moins ?**

☐ ☐ ☐ ☐

**Parmi les 4 ambiances proposées pour le moment de travail, quelle est celle qui vous plaît le plus ?**

☐ ☐ ☐ ☐

## LA SITUATION SALLE DE BAINS

1. Mise en situation du sujet : Le sujet est placé à un mètre du miroir. Il se regarde dans la glace.

2. Mode de questionnement

*Imaginez en train de vous préparer le matin, en vous maquillant/en vous rasant par exemple. Je vais vous présenter une série de 4 scénarios d'éclairage que vous allez évaluer successivement.*  
*Voici le premier scénario d'éclairage.*

## 2.1. Evaluation sur échelle

**Quand vous vous regardez dans le miroir, l'ambiance lumineuse proposée vous plaît-elle ?**

Pas du tout

Extrêmement

Même démarche pour les 3 autres scénarios

## 2.2. Choix

*Maintenant que vous avez vu les 4 ambiances lumineuses pour vous regarder dans le miroir de la salle de bain,*  
*- choisissez celle qui vous plaît le moins pour vous regarder*  
*- choisissez celle qui vous plaît le plus pour vous regarder*

**Parmi les 4 ambiances lumineuses proposées quand vous vous regardiez dans le miroir, quelle est celle qui vous plaît le moins ?**

☐ ☐ ☐ ☐

**Parmi les 4 ambiances lumineuses proposées quand vous vous regardiez dans le miroir, quelle est celle qui vous plaît le plus ?**

☐ ☐ ☐ ☐

**Questions ouvertes – L'idéal pour le client**

---



---



---



---



**LES RENSEIGNEMENTS PERSONNELS**

N°: \_\_\_\_\_  
 Date : \_\_\_\_\_  
 Heure : \_\_\_\_\_

**A. En général,****Quelle est la fréquence de vos séjours dans les hôtels ?**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Tous les jours de la semaine | <input type="checkbox"/> 2 à 3 fois tous les 6 mois |
| <input type="checkbox"/> 2 à 3 fois par semaine       | <input type="checkbox"/> 2 à 3 fois par an          |
| <input type="checkbox"/> 1 fois par semaine           | <input type="checkbox"/> 1 fois par an              |
| <input type="checkbox"/> 2 à 3 fois par mois          | <input type="checkbox"/> Moins d'une fois par an    |
| <input type="checkbox"/> 1 fois par mois              |   |

**Quelle est la fréquence de vos séjours dans les hôtels Mercure?**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Tous les jours de la semaine | <input type="checkbox"/> 2 à 3 fois tous les 6 mois |
| <input type="checkbox"/> 2 à 3 fois par semaine       | <input type="checkbox"/> 2 à 3 fois par an          |
| <input type="checkbox"/> 1 fois par semaine           | <input type="checkbox"/> 1 fois par an              |
| <input type="checkbox"/> 2 à 3 fois par mois          | <input type="checkbox"/> Moins d'une fois par an    |
| <input type="checkbox"/> 1 fois par mois              |   |

**B. Concernant votre séjour à l'hôtel des Beaux Arts aujourd'hui,**

Combien de temps séjournez-vous à l'hôtel Mercure Beaux Arts ? (en nombre de nuits) \_\_\_\_\_ nuit (s)

**Si vous êtes accompagné, il s'agit :**

- ☐ de votre conjoint(e) ou partenaire
- ☐ d'un ami(e)
- ☐ d'un collègue de travail
- ☐ d'un membre de votre famille

**Quel est le motif de votre déplacement ?**

- ☐ Professionnel
- ☐ Loisir

**C. Vous concernant,****Quel âge avez-vous ?**

\_\_\_\_\_

**Vous êtes :**

- ☐ un homme ☐ une femme

**Quelle est votre profession ?**

\_\_\_\_\_

**Dans quelle région habitez-vous ?**

\_\_\_\_\_

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| Êtes-vous myope ?        | <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non |
| Êtes-vous astigmate ?    | <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non |
| Êtes-vous presbyte ?     | <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non |
| Êtes-vous hypermétrope ? | <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non |
| Êtes-vous daltonien ?    | <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non |



# TABLE DES ILLUSTRATIONS

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Les entités composant le phénomène de perception, étudiées dans ce programme de recherche.....	6
Figure 2: Modèle de perception ascendant ou bottom-up d'un signal extérieur par l'individu.....	9
Figure 3: Les quatre grandeurs photométriques de base .....	16
Figure 4 : Influence de la composition spectrale de lumière blanche sur la perception des couleurs. 18	
Figure 5 : Représentation visuelle des Températures de Couleur proximales. Photo : Pousset, 2009 19	
Figure 6: Outil de mesures photométriques. ....	22
Figure 7 : Outils de mesures photométriques d'un environnement lumineux, via le logiciel PHOTOLUX.....	23
Figure 8 : La courbe de luminosité spectrale de l'œil $V(\lambda)$ (pointillés) comparée à la courbe de la luminosité biologique (trait plein).....	26
Figure 9 : Rayonnement électromagnétique et spectre visible .....	27
Figure 10 : Variation de la dimension de la zone d'intérêt visuelle en fonction de la taille de la pièce. ....	28
Figure 11 : Version française du questionnaire SMB proposé par Küller (Küller, 1991) .....	39
Figure 12 : les échelles sémantiques bipolaires proposées par Flynn, 79 .....	42
Figure 13 : Regroupement factoriel des échelles sémantiques utilisées par Veitch.....	46
Figure 14 : les mots hollandais/anglais du questionnaire de la mesure de la perception de l'atmosphère d'environnements intérieurs (Vogels, 2008) .....	48
Figure 15 : une ébauche d'une modèle du biotope artificiel et des organismes (Knez, 1995).....	50
Figure 16 : Diagramme de Kruithof. ....	64
Figure 17 : Dispositif expérimental de la phase de conception. ....	122
Figure 18 : Influence du type de luminaire sur les préférences des scénarios d'éclairage.....	154
Figure 19 : Influence de la forme de luminaire sur les préférences des scénarios d'éclairage. ....	155
Figure 20 : Dispositif « Lampe de chevet ».....	163
Figure 21 : Prototype d'éclairage du Rideau. ....	164
Figure 22 : Prototype d'éclairage du meuble bar.....	164
Figure 23 : Prototype d'éclairage du miroir de la salle de bain.....	165
Figure 24 : Les jugements d'appréciation pour chacun des quatre scénarios d'éclairage pour la situation de détente. ....	193

Figure 25 : Les jugements d'appréciation pour chacun des quatre scénarios d'éclairage pour la situation de travail.....	194
Figure 26 : Les jugements d'appréciation pour chacun des quatre scénarios d'éclairage pour la situation soin du visage. ....	195
Figure 27 : Visualisation graphique des adjectifs qualificatifs utilisés pour décrire les scénarios d'éclairage préférés.....	201
Figure 28 : Visualisation graphique des adjectifs qualificatifs utilisés pour décrire les scénarios non préférés .....	201

## LISTE DES TABLES

Tableau 1 : Relations entre la température de couleur proximale et la chaleur perçue de la lumière (Source AFE 06) .....	19
Tableau 2 : La matrice des indices de préférences (Kaplan, 87) .....	36
Tableau 3 : Renforcement des effets subjectifs par l'éclairage, selon Flynn 1977. Source : Tiller, 1994 .....	43
Tableau 4 : Influence de la quantité de lumière .....	58
Tableau 5 : Influence de la température de couleur .....	62
Tableau 6 : Influence de l'interaction combinée de la quantité de lumière et de la température de couleur.....	68
Tableau 9 : Les préférences d'apparence des environnements lumineux en fonction des modalités par paramètres esthétiques, physiques et situationnels. ....	147
Tableau 10 : Préférences par paramètre.....	150
Tableau 11 : Caractérisation des groupes de sujets identifiés par la CAH. ....	151
Tableau 12 : Comparaison des variables sociodémographiques décrivant les deux groupes identifiés. ....	151
Tableau 13 : Distribution des fréquences de choix des modalités en fonction des préférences des observateurs.....	156
Tableau 14 : Analyse sémantique des adjectifs qualificatifs de la perception des environnements lumineux.....	199
Tableau 15 : Les adjectifs qualificatifs pour décrire les scénarios d'éclairage en fonction de la situation et des préférences.....	202

**LISTES DES ANNEXES**

<i>A1. Equations relatives à la photométrie de la lumière blanche.....</i>	<i>230</i>
<i>A2. Spécificité et fonction des photorécepteurs réiniens .....</i>	<i>231</i>
<i>A3. Principes de réalisation des images virtuelles en 2D de la chambre d'hôtel .....</i>	<i>235</i>
<i>A4. Influence de la formulation de la question sur les préférences (chap. 6) .....</i>	<i>238</i>
<i>A5. Distribution des notes d'appréciation des scénarios en fonction de la situation (chap. 7)....</i>	<i>239</i>
<i>A6. Diagnostic photométrique chambre pilote .....</i>	<i>240</i>
A6 a. Plans de la chambre Pilote .....	240
A6 b. Implantation des sources lumineuses dans la chambre pilote .....	241
A6 c. Choix et caractéristiques des lampes des luminaires (Chevets et Meuble Bar) .....	242
A6 d. Photographies des quatre scénarios d'éclairage de la chambre.....	245
A6 e. Cartes des luminaces des quatre scénarios d'éclairage de la chambre pilote, via le système PHOTOLUX .....	246
A6 f. Cartes des éclairagements des scénarios d'éclairage de la chambre pilote .....	247
<i>A7. Questionnaires.....</i>	<i>248</i>
A7 a. Questionnaires de la phase 1 .....	248
A7 b. Questionnaires de la phase 2 .....	251
A7 c. Questionnaires de la phase 3 .....	252



## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- Aliakseyeu, D., van Boerdonk, K., & Mason, J. (2011). User Interaction Techniques for Future Lighting Systems. In *Interaction Techniques for Future Lighting Systems* (pp. 36). Lisbon, Portugal.
- Alonso, A. D., & Ogle, A. (2008). Exploring design among small hospitality and tourism operations. *Journal of Retail & Leisure Property*, 7, 325-337.
- Altman, I., & Chemers, M. M. (1980). Cultural aspects of environment-behavior relationships. In H. C. Triandis & R. W. Brislin (Eds.), *Handbook of cross-cultural psychology* (Vol. 5, pp. 355-395). Boston: Allyn and Bacon.
- Ascher, F., Cohen, J., & Hauvuy, J. (1987). Luxe, habitat, confort: les références hôtelières. In *Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines en Pays Développés, Institut Français d'Urbanisme*. Paris: Université Paris VIII.
- Aslam, M. M. (2006). Are You Selling the Right Colour? A Cross-cultural Review of Colour as a Marketing Cue. *Journal of Marketing Communications*, 12, 15-30.
- Association\_Française\_de\_l'Eclairage. (2001). Eclairage dans l'hôtellerie. In AFE (Ed.), (pp. 42). Paris.
- Atli, D., & Fotios, S. (2011). Rating spatial brightness: does the number of response categories matter? *INGINERIA ILUMINATULUI*, 13, 15-18.
- Baker, J., Grewal, D., & Parasuraman, A. (1994). The influence of store environment on quality inferences and store image. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 22, 328-339.
- Baron, R. A. (1990). Environmentally Induced Positive Affect: Its Impact on Self-Efficacy, Task Performance, Negotiation, and Conflict<sup>1</sup>. *Journal of Applied Social Psychology*, 20, 368-384.
- Baron, R. A., Rea, M. S., & Daniels, S. G. (1992). Effects of indoor lighting (illuminance and spectral distribution) on the performance of cognitive tasks and interpersonal behaviors: The potential mediating role of positive affect. *Motivation and Emotion*, 16, 1-33.
- Barsky, J. D., & Huxley, S. J. (1992). A Customer-Survey Tool. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 33, 18-25.
- Bayet, P. (2011). *Approche exploratoire de l'expérience de repas gastronomique - éléments mémorisés et familiarité client : Le cas des Grands Chefs Relais & Châteaux*. Université Lyon 3, Lyon.
- Belcher, M. C. (1985). Cultural aspects of illuminance levels. *Lighting Design + Application*, 15, 49-50.
- Bellia, L., Bisegna, F., & Spada, G. (2011). Lighting in indoor environments: Visual and non-visual effects of light sources with different spectral power distributions. *Building and Environment*, 46, 1984-1992.
- Bellizzi, J., Crowley, A., & Hasty, R. (1983). The effects of color in store design. *Journal of Retailing*, 59, 21-45.
- Bellizzi, J., & Hite, R. (1992). Environmental color, consumer feelings, and purchase likelihood. *Psychology & Marketing*, 9, 347-363.
- Berglund, B. (1974). Quantitative and qualitative analysis of industrial odors with human observers. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 237, 35-51.



- Bernecker, C., & Mier, J. (1985). The effect of source luminance on the perception of environment brightness. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 15, 253-271.
- Bernecker, C. A., Davis, R., Webster, M., & Webster, J. (1993). Task lighting in the open office: A visual comfort perspective. *Journal of Illuminating Engineering Society*, 22, 18-18.
- Berrutto, V., & Achard, G. (1996). *Métrologie de la qualité visuelle des ambiances lumineuses-Application à l'éclairage des bureaux*. Université de Chambéry, Chambéry, France
- Bertrand, A., & Garnier, P. H. (2005). *Psychologie cognitive* (Vol. 611): Studyrma.
- Biner, P. M., Butler, D. L., Fischer, A. R., & Westergren, A. J. (1989). An Arousal Optimization Model of Lighting Level Preferences. *Environment and Behavior*, 21, 3-16.
- Bisogni, C. A., Falk, L. W., Madore, E., Blake, C. E., Jastran, M., Sobal, J., *et al.* (2007). Dimensions of everyday eating and drinking episodes. *Appetite*, 48, 218-231.
- Bishop, I., & Rohrmann, B. (2003). Subjective responses to simulated and real environments: a comparison. *Landscape and Urban Planning*, 65, 261-277.
- Bishop, I. D., & Hull, B. (1991). Integrating technologies for visual resource management. *Journal of Environmental Management*, 32, 295-312.
- Bitner, M. (1990). Evaluating service encounters: the effects of physical surroundings and employee responses. *The Journal of Marketing*, 54, 69-82.
- Bitner, M. (1992). Servicescapes: the impact of physical surroundings on customers and employees. *The Journal of Marketing*, 56, 57-71.
- Blackwell, H. R. (1952). Brightness discrimination data for the specification of quantity of illumination. *Illuminating Engineering*, 47, 602-609.
- Blackwell, H. R. (1967). The Evaluation of Interior Lighting on the Basis of Visual Criteria. *Applied optics*, 6, 1443-1467.
- Blackwell, O., & Blackwell, H. (1980). Individual responses to lighting parameters for a population of 235 observers of varying ages. *Journal of Illuminating Engineering Society*, 2, 205-232.
- Bodart, M., Roisin, B., Deneyer, A., & D'Herdt, P. (2009). Establishment of innovation guidelines for the residential lighting from a relighting project. In *Lux Europa*. Istanbul, Turkey.
- Boray, P., Gifford, R., & Rosenblood, L. (1989). Effects of warm white, cool white and full-spectrum fluorescent lighting on simple cognitive performance, mood and ratings of others. *Journal of Environmental Psychology*, 9, 297-307.
- Boyce, P. R. (2003). *Human factors in lighting* (2nd ed.). London: Taylor and Francis.
- Boyce, P. R. (1973). Age, illuminance, visual performance and preference. *Lighting Research and Technology*, 5, 125-140.
- Boyce, P. R. (1977). Investigations of the subjective balance between illuminance and lamp colour properties. *Lighting Research and Technology*, 9, 11-24.

- Boyce, P. R., & Cuttle, C. (1990). Effect of correlated colour temperature on the perception of interiors and colour discrimination performance. *Lighting Research and Technology*, 22, 19-36.
- Boyce, P., Eklund, N., & Simpson, S. (2000). Individual lighting control: Task performance, mood, and illuminance. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 29, 131-142.
- Boyce, P. R., Eklund, N. H., Hamilton, B. J., & Bruno, L. D. (2000). Perceptions of safety at night in different lighting conditions. *Lighting Research and Technology*, 32, 79-91.
- Boyce, P. R., Veitch, J. A., Newsham, G. R., Jones, C. C., Heerwagen, J., Myer, M., et al. (2006). Lighting quality and office work: two field simulation experiments. *Lighting Research and Technology*, 38, 191-223.
- Brody, L. R., & Hall, J. A. (1993). *Gender and emotion*. New York : Guilford Press.
- Bronckers, X., IJsselsteijn, W., & Kort, Y. A. W. (2009). The effects of coloured light on atmosphere perception. In *Unpublished manuscript, Philips Research, Eindhoven, the Netherlands*.
- Brunner Sperdin, A., & Peters, M. (2009). What influences guests' emotions? The case of high quality hotels. *International Journal of Tourism Research*, 11, 171-183.
- Buck, R. (1984). *The communication of emotion*. New York: Guilford.
- Butler, D. L., & Biner, P. M. (1987). Preferred Lighting Levels : Variability among Settings, Behaviors, and individuals. *Environment and Behavior*, 19, 695-721.
- Čadík, M., Wimmer, M., Neumann, L., & Artusi, A. (2008). Evaluation of HDR tone mapping methods using essential perceptual attributes. *Computers & Graphics*, 32, 330-349.
- Cance, C. (2008). *Expériences de la couleur, ressources linguistiques et processus discursifs dans la construction d'un espace visuel: l'habitable automobile*. Université de la Sorbonne nouvelle - Paris III, Paris.
- Cance, C., Bardot, A., Dubois, D., & Giboreau, A. (2008). Colours and matters in real and virtual spaces. Linguistic analysis to evaluate technical devices. In *Materials and Sensations* (pp. 22-24). Pau, Fr.
- Cauwerts, C., De Herde, A., Bodart, M., & Andersen, M. (2011). *Développement d'une métrique d'évaluation de la qualité lumineuse et de l'intérêt visuel d'un espace éclairé naturellement*. Université Catholique de Louvain.
- Charton, V. (2002). *Etude comparative de la perception d'ambiances lumineuses en milieu réel et en milieu virtuel*. Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Lyon.
- Cheminée, P. (2010). Est-ce bien «clair»? In L'Harmattan (Ed.), *Le Sentir et le Dire - Concepts et méthodes en psychologie et linguistique cognitives*. Paris.
- Ching, F. (2007). *Architecture: form, space, and order*. New York: Wiley.
- Chung, T. M., & Burnett, J. (2000). Lighting Quality Surveys in Office Premises. *Indoor and Built Environment*, 9, 335-341.

- CIE. (1987). *Vocabulaire International de l'Eclairage* (Vol. 17.4).
- CIE. (1995). Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources. (Vol. 13.3).
- CIE. (2004). *Colorimetry* (3rd Edition ed. Vol. 15).
- CIE. (2007a). *Colour rendering of white LED light sources*. (Vol. 177).
- CIE. (2007b). *Measurement of LEDs* (Vol. 127).
- CIE. (2011). Guide increasing accessibility in light and lighting.(Vol. 196).
- Clipson, C. (1993). Simulation for planning and design: A review of strategy and technique. *Environmental simulation research and policy issues*, 23-60.
- Cockram, A. H., & Collins, J. B. (1970). A study of user preferences for fluorescent lamp colours for daytime and night-time lighting. *Lighting Research and Technology*, 2, 249-256.
- Countryman, C., & Jang, S. (2006). The effects of atmospheric elements on customer impression: the case of hotel lobbies. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 18, 534-545.
- Custers, P., de Kort, Y., IJsselsteijn, W., & de Kruiff, M. (2010). Lighting in retail environments: Atmosphere perception in the real world. *Lighting Research and Technology*, 42, 331.
- Custers, P., Kort, Y., & IJsselsteijn, W. (2008). *The effects of retail lighting on atmosphere perception. Unpublished manuscript, Philips Research, Eindhoven, the Netherlands*.
- Cuttle, C. (2004). Brightness, lightness, and providing'a preconceived appearance to the interior'. *Lighting Research & Technology*, 36, 201.
- Dacey, D. M., Liao, H. W., Peterson, B. B., Robinson, F. R., Smith, V. C., Pokorny, J., et al. (2005). Melanopsin-expressing ganglion cells in primate retina signal colour and irradiance and project to the LGN. *Nature*, 433, 749-754.
- Dearborn, D. W. C., & Simon, H. A. (1958). Selective perception: A note on the departmental identifications of executives. *Sociometry*, 21, 140-144.
- Dalke, H., Little, J., Niemann, E., Camgoz, N., Steadman, G., Hill, S., et al. (2005). Colour and lighting in hospital design. *Optics & Laser Technology*, 38, 343-365.
- Davis, R. G., & Ginthner, D. N. (1990). Correlated color temperature, illuminance level, and the Kruithof curve. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 19, 27-38.
- Delepaut, G. (2007). *Contribution de la linguistique cognitive à l'identification du confort: analyse des discours des passagers sur le confort en train*. Université Paris VI, Paris, France.
- Devlin, K. (2002). A review of tone reproduction techniques. *Computer Science, University of Bristol, Tech. Rep. CSTR-02-005*.
- Devlin, K., Chalmers, A., Wilkie, A., & Purgathofer, W. (2002). Tone reproduction and physically based spectral rendering. *Eurographics 2002: State of the Art Reports*, 101-123.

- Doron, R., & Parot, F. (1998). Dictionnaire de psychologie. In: Presses universitaires de France.
- Drago, F., & Myszkowski, K. (2001). Validation proposal for global illumination and rendering techniques. *Computers & Graphics*, 25, 511–518.
- Dubé, L., Enz, C. A., Renaghan, L. M., & Siguaw, J. (1999). Best Practices in the U.S. Lodging Industry. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 40, 14-27.
- Dubé, L., & Renaghan, L. (1998). Creating visible customer value. *Organizational Dynamics*, 21
- Dubois, D. (2010). *Le sentir et le dire: Définir l'objet et construire la démarche*. Paris: L'Harmattan
- Dumortier, D., Coutelier, B., Faulcon, T., & Roy, F. (2005). PHOTOLUX: a new luminance mapping system based on Nikon Coolpix digital cameras. *Lux Europa*, 308-311.
- Durak, A., Camgöz Olguntürk, N., Yener, C., Güvenç, D., & Gürçınar, Y. (2007). Impact of lighting arrangements and illuminances on different impressions of a room. *Building and Environment*, 42, 3476-3482.
- Dutre, P., Bala, K., & Bekaert, P. (2006). *Advanced global illumination* (2 éd.): Wellesley: AK Peters, CRC Press.
- Edwards, J. S. A., & Gustafsson, I. B. (2008). The room and atmosphere as aspects of the meal: a review. *Journal of Foodservice*, 19, 22-34.
- Enrech Xena, C., & Fontoynt, M. (1999). *Simulation de la lumière naturelle par des sources artificielles: enjeux architecturaux*. Université de Nantes, Nantes, France.
- Fechner, G. T., Howes, D. H., & Boring, E. G. (1966). *Elements of psychophysics* (Vol. 1). New York: Holt: Rinehart & Winston.
- Filatova, K. L. (2008). La perception de la lumière au centre du réseau sémantique. In *Journée Perception sémiotique et Socialité du sens* Paris.
- Flynn, J. (1977). Study of subjective responses to low energy and non uniform lighting systems. *Lighting Design and Application: LD and A*, 7, 6-15.
- Flynn, J., Hendrick, C., Spencer, T., & Martyniuk, O. (1979). A guide to methodology procedures for measuring subjective impressions in lighting. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 8, 95-120.
- Flynn, J., Spencer, T., Martyniuk, O., & Hendrick, C. (1973). Interim study of procedures for investigating the effect of light on impression and behavior. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 3, 87-94.
- Fontoynt, M. (1987). *Prise en compte du rayonnement solaire dans l'éclairage naturel de locaux: méthode et perspectives*. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, Paris, France.
- Fotios, S. (2006). Chromatic adaptation and the relationship between lamp spectrum and brightness. *Lighting Research and Technology*, 38, 3-14.
- Fotios, S., & Cheal, C. (2010). Stimulus range bias explains the outcome of preferred-illuminance adjustments. *Lighting Research and Technology*, 42, 433-447.

- Fotios, S., & Houser, K. (2009). Research methods to avoid bias in categorical ratings of brightness. *Leukos*, 5, 167-181.
- Fotios, S. A. (2001). Lamp colour properties and apparent brightness: a review. *Lighting Research and Technology*, 33, 163-178.
- Frontczak, M., & Wargocki, P. (2010). Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. *Building and Environment*, 6, 922- 937.
- Galasiu, A., & Veitch, J. (2006). Occupant preferences and satisfaction with the luminous environment and control systems in daylit offices: A literature review. *Energy & Buildings*, 38, 728-742.
- Garling, T. (1969). Studies in visual perception of architectural spaces and rooms: Judgment scales of open and closed space. *Scandinavian journal of psychology*.
- Gatersleben, B., Steg, L., & Vlek, C. (2002). Measurement and Determinants of Environmentally Significant Consumer Behavior. *Environment and Behavior*, 34, 335-362.
- Giboreau, A. (2009). *De l'analyse sensorielle au jugement perceptif: l'exemple du toucher*. Université Lyon 1, Lyon, France.
- Giboreau, A., & Body, L. (2007). *Le marketing sensoriel: de la stratégie à la mise en œuvre*. Paris: Vuibert.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gifford, R. (1987). *Environmental psychology: principles and practice*. Boston: Allyn & Bacon.
- Gifford, R. (1988). Light, decor, arousal, comfort and communication. *Journal of Environmental Psychology*, 8, 177-189.
- Gifford, R. (1994). Scientific evidence for claims about full-spectrum lamps: Past and future. In J. Veitch (Ed.), *Full-spectrum lighting effects on performance, mood, and health (IRC Internal Report)* (Vol. 659, pp. 37-46). Ottawa: National Research Council of Canada, Institute for Research in Construction.
- Gordon, G. (2003). *Interior lighting for designers*. New York: John Wiley
- Gregory, R. L. (2000). *L'œil et le cerveau: La psychologie de la vision*. Oxford: De Boeck Supérieur.
- Gundersen, M. G., Heide, M., & Olsson, U. H. (1996). Hotel Guest Satisfaction among Business Travelers. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 37, 72-81.
- Hall, J. A. (1990). *Nonverbal sex differences: Accuracy of communication and expressive style*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2001). *Fundamentals of Physics*. New York: John Wiley & Sons.
- Ham, T. Y., & Guerin, D. A. (2004). A Cross-Cultural Comparison of Preference For Visual Attributes in Interior Environments: America and China. *Journal of Interior Design*, 30, 37-50.
- Hanifin, J. P., & Brainard, G. C. (2007). Photoreception for Circadian, Neuroendocrine, and Neurobehavioral Regulation. *Journal of PHYSIOLOGICAL ANTHROPOLOGY*, 26, 87-94.

- Hawkes, R. J., Loe, D. L., & Rowlands, E. (1979). Note towards the understanding of lighting quality. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 8, 111-120.
- Heerwagen, J. (1990). Affective Functioning," Light Hunger," and Room Brightness Preferences. *Environment and Behavior*, 22, 608.
- Heide, M., & Grønhaug, K. (2009). Key Factors in Guests' Perception of Hotel Atmosphere. *Cornell Hospitality Quarterly*, 50, 29-43.
- Heide, M., Laerdal, K., & Grønhaug, K. (2007). The design and management of ambience—Implications for hotel architecture and service. *Tourism Management*, 28, 1315-1325.
- Hendrick, C., Martyniuk, O., Spencer, T., & Flynn, J. (1977). Procedures for investigating the effect of light on impression. *Environment and Behavior*, 9, 491.
- Herzog, T. R., Kaplan, S., & Kaplan, R. (1976). The prediction of preference for familiar urban places. *Environment and Behavior*, 8, 627-645.
- Holmberg, L., Kuller, R., & Tidblom, I. (1966). *The perception of volume content of rectangular rooms as a function of the ratio between depth and width*: Lund University.
- Hughes, P. C., & McNelis, J. F. (1978). Lighting, productivity and the work environment. *Lighting Design + Application*, 8, 32-39.
- Hutton, J. D., & Richardson, L. D. (1995). Healthscapes: The role of the facility and physical environment on consumer attitudes, satisfaction, quality assessments, and behaviors. *Health Care Management Review*, 20, 48-61.
- Hygge, S., & Knez, I. (2001). Effects of noise, heat and indoor lighting on cognitive performance and self-reported affect. *Journal of Environmental Psychology*, 21, 291-299.
- Inoue, Y., & Akitsuki, Y. (1998). The Optimal Illuminance for Reading: Effects of Age and Visual Acuity on Legibility and Brightness. *Journal of Light & Visual Environment*, 22, 23-33.
- Isen, A. M. (1987). Positive affect, cognitive processes, and social behavior. In L. Berkowitz (Ed.), *Advances in experimental social psychology* (Vol. 20, pp. 203-253). New York: Academic Presse.
- Jacob, P. (2004). Philosophie et neurosciences: le cas de la vision. In O. F. d. l. m. d. s. d. l'homme (Ed.), *La Philosophie Cognitive* (pp. 201 - 221 ). Paris: Elisabeth Pacherie Joëlle Proust.
- Jacquier, C., & Giboreau, A. (2012). Customers' lighting needs and wants at the restaurant. In *EuroCHRIE 2012: Hospitality for a better world*. Lausanne, Suisse.
- Janssens, J., & Küller, R. (1989). Vädertjänstens arbetsmiljö. Miljöpsykologisk studie av förhållandena vid Sturup flygplats.(Meteorologists' work environment. A psychological study of the conditions at Sturup airport). Environmental Psychology Monograph. No. 7. *Environmental Psychology Monographs No. 7*.
- Jay, P. (2002). Review: Subjective criteria for lighting design. *Lighting Research and Technology*, 34, 87-96.



- Jimenez, M. (1997). *La psychologie de perception: un exposé pour comprendre, un essai pour réfléchir*. Paris : Flammarion.
- Jost Boissard, S. (2010). *Caractérisation visuelle de la qualité de couleur des sources lumineuses : Application à l'éclairage par diodes électroluminescentes*. ENTPE INSA de Lyon, Lyon, France.
- Kaplan, R. (1985). The analysis of perception via preference: A strategy for studying how the environment is experienced. *Landscape planning*, 12, 161-176.
- Kaplan, S. (1987). Aesthetics, Affect, and Cognition: Environmental Preference from an Evolutionary Perspective. *Environment and Behavior*, 19, 3-32.
- Kaplan, S., & Wendt, J. S. (1972). Preference and the visual environment: Complexity and some alternatives. In *Environmental Design: Research and Practice* (Vol. 6, pp. 75-76). University of California Press.
- Kergoat, M., Giboreau, A., Nicod, H., Faye, P., Diaz, E., Beetschen, M. A., et al. (2010). Psychographic measures and sensory consumer tests: When emotional experience and feeling-based judgments account for preferences. *Food Quality and Preference*, 21, 178-187.
- Kerlinger, F. N. (1986). *Foundations of Behavioral Research*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Kessel, L., Lundeman, J. H., Herbst, K., Andersen, T. V., & Larsen, M. (2010). Age-related changes in the transmission properties of the human lens and their relevance to circadian entrainment. *Journal of cataract and refractive surgery*, 36, 308-312.
- Knez, I. (1995). Effects of indoor lighting on mood and cognition. *Journal of Environmental Psychology*, 15, 39-51.
- Knez, I., & Enmarker, I. (1998). Effects of Office Lighting on Mood and Cognitive Performance And A Gender Effect in Work-xRelated Judgment. *Environment and Behavior*, 30, 553.
- Knez, I., & Kers, C. (2000). Effects of indoor lighting, gender, and age on mood and cognitive performance. *Environment and Behavior*, 32, 817-831.
- Kolanowski, A. M. (1990). Restlessness in the elderly: The effect of artificial lighting. *Nursing Research*, 39.
- Köster, E. P. (2003). The psychology of food choice: some often encountered fallacies. *Food Quality and Preference*, 14, 359-373.
- Köster, E. P. (2009). Diversity in the determinants of food choice: A psychological perspective. *Food Quality and Preference*, 20, 70-82.
- Kotler, P. (1973). Atmosphere as a marketing tool. *Journal of Retailing*, 49, 48-64.
- Kowaliski, P., Viénot, F., & Sève, R. (1990). *Vision et mesure de la couleur*. Paris : Masson.
- Kruithof, A. A. (1941). Tubular Luminescence Lamps for General Illumination. In *Philips Technical Review* (Vol. 6, pp. 65-96).

- Kuller, R. (1988). Upplevelse av torgrum (The perception of public square). In K. Åström (Ed.), *Stadens rum: Torget-gestalt, upplevelse, användning* (Vol. 59). Stockholm: Swedish council for building research.
- Küller, R. (1986). Physiological and psychological effects of illumination and colour in the interior environment. *Journal of Light & Visual Environment*, 10, 33-37.
- Küller, R. (1991). Environmental assessment from a neuropsychological perspective. In *Environment, cognition and action: An integrated approach* (pp. 111-147): New York : Oxford University Press.
- Küller, R., Ballal, S., Laike, T., Mikellides, B., & Tonello, G. (2006). The impact of light and colour on psychological mood: A cross-cultural study of indoor work environments. *Ergonomics*, 49, 1496-1507.
- Kuller, R., & Lindsten, C. (1992). Health and behavior of children in classrooms with and without windows. *Journal of Environmental Psychology*, 12, 305-317.
- Küller, R., Mikellides, B., & Janssens, J. (2009). Color, arousal, and performance—A comparison of three experiments. *Color Research & Application*, 34, 141-152.
- Küller, R., & Wetterberg, L. (1993). Melatonin, cortisol, EEG, ECG and subjective comfort in healthy humans: impact of two fluorescent lamp types at two light intensities. *Lighting Research and Technology*, 25, 71-80.
- Kurtich, J., & Eakin, G. (1993). *Interior architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Lampi, E. (1973). Hotel and Restaurant Lighting. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 13, 58-64.
- Land, M., Mennie, N., & Rusted, J. (1999). The roles of vision and eye movements in the control of activities of daily living. *Perception*, 28, 1311-1328.
- Lau, J. J. H. (1972). Use of scale models for appraising lighting quality. *Lighting Research and Technology*, 4, 254-262.
- Larsen, R. J. (1985). *Theory and measurement of affect intensity as an individual difference characteristic*. ProQuest Information & Learning.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food : principles and practices* (2 édition ed.). New York: Springer.
- Lee, E., Park, N. (2008). Cross-cultural analysis of residential design and housing behaviors: The case of Koran households in the United States. In *Interior Design Educator's Council International Conference* (pp. 681-690).
- Lemoine, J. F. (2002). Perception de l'atmosphère du point de vente et réactions comportementales et émotionnelles du consommateur. In *5ème colloque Etienne THIL*.
- Lim, J. (2011). Hedonic scaling: A review of methods and theory. *Food Quality and Preference*, 22, 733-747.



- Lin, I. (2004). Evaluating a servicescape: the effect of cognition and emotion. *International Journal of Hospitality Management*, 23, 163-178.
- Lin, J. S. C., & Liang, H. Y. (2011). The influence of service environments on customer emotion and service outcomes. *Managing Service Quality*, 21, 350-372.
- Loe, D. L., Mansfield, K. P., & Rowlands, E. (2000). A step in quantifying the appearance of a lit scene. *Lighting Research and Technology*, 32, 213-222.
- Loe, L., Mansfield, K. P., & Rowlands, E. (1994). Appearance of lit environment and its relevance in lighting design: Experimental study. *Lighting Research and Technology*, 26, 119-133.
- Maamari, F. (2004). *Simulation numérique de l'éclairage, limites et potentialités*. INSA de Lyon, Lyon, France.
- Marr, D. (1982). *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. NewYork : WH Freeman.
- McCloughan, C. L. B., Aspinall, P. A., & Webb, R. S. (1999). The impact of lighting on mood. *Lighting Research and Technology*, 31, 81-88.
- McColl, S. L., & Veitch, J. A. (2001). Full-spectrum fluorescent lighting: a review of its effects on physiology and health. *Psychological medicine*, 31, 949-964.
- Meyzonnette, J. L., & Lépine, T. (1999). *Bases de radiométrie optique: Cépaduès*.
- Mottier, P. (2008). *Les diodes électroluminescentes pour l'éclairage*. Paris : Hermès Lavoisier.
- Mudri, L., Legendre, A., & Pierson, A. (2001). Dimensions of personality in the responses to luminous ambiances. In *18th Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Florianópolis – Brazil.
- Mudri, L., Linares, E. C., Gandon, E., Mottot, A. L., & Poitier, C. (2005). Interpretation models and their applications for luminous ambience. In *22nd Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Beirut, Lebanon: PLEA.
- Murdoch, J., & Caughey, C. (2004). Psychological effects of lighting: The work of Professor John Flynn. *Lighting Design and Application*, 34, 69-73.
- Mzali, M. 2002. *Perception de l'ambiance sonore et évaluation du confort acoustique dans les trains*, Thèse de doctorat en acoustique, Université de Paris VI.
- Nakamura, H., & Karasawa, Y. (1999). Relationship between illuminance/color temperature and preference of atmosphere. *Journal of Light & Visual Environment*, 23, 1-1.
- Narendran, N., & Deng, L. (2002). Color rendering properties of LED light sources. (Vol. 4776, pp. 1-7).
- Narçon, S. (2001). *Caractérisation des perceptions thermiques en régime transitoire contribution à l'étude de l'influence des interactions sensorielles sur le confort*. Ecole Pratique des Hautes Etude, Paris, France.
- Nelson, T. M., Hopkins, G. W., & Nilsson, T. H. (1983). *Steps toward convergence of optimal human and energy effectiveness: Interactions of indoor environmental factors and their effects on*

- human performance, comfort, and mood*. Edmonton, AB: Department of Psychology, University of Alberta. (Report for the Alberta Environmental Research Trust, Edmonton).
- Newsham, G., Richardson, C., Blanchet, C., & Veitch, J. (2005). Lighting quality research using rendered images of offices. *Lighting Research and Technology*, 37, 93-112.
- Newsham, G. R., Cetegen, D., Veitch, J., & Whitehead, L. (2010). Comparing lighting quality evaluations of real scenes with those from high dynamic range and conventional images. *ACM Transactions on Applied Perception*, 7, 1-25.
- Ochoa, C. E., Aries, M. B. C., & Hensen, J. L. M. (2010). Current perspectives on lighting simulation for building science. In *IBPSA-NVL 2010 Event*. Eindhoven.
- Oi, N. (2005). The difference among generations in evaluating interior lighting environment. *Journal of PHYSIOLOGICAL ANTHROPOLOGY and Applied Human Science*, 24, 87-91.
- Oi, N., Kasao, M., & Takahashi, H. (2007). The Preference of the Indoor Illuminance and Color Temperature: Scale Model Experiment Assuming Daily Activity. *Journal of Environmental Engineering*, 87-92.
- Oi, N., & Takahashi, H. (2007). Preferred combinations between illuminance and color temperature in several settings for daily living activities. in: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Symposium on Design of Artificial Environments, 2007, pp.214–215
- Osgood, C. E., Suci, G. J., & Tannenbaum, P. H. (1957). *The measurement of meaning* (Vol. 47): Univ of Illinois Pr.
- Ottenbacher, M., & Gnoth, J. (2005). How to Develop Successful Hospitality Innovation. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 46, 205-222.
- Ottenbacher, M. C. (2007). Innovation Management in the Hospitality Industry: Different Strategies for Achieving Success. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 31, 431-454.
- Ozaki, R. (2002). Housing as a Reflection of Culture: Privatised Living and Privacy in England and Japan. *Housing Studies*, 17, 209-227.
- Pae, J. (2009). *the effects of hotel guestroom lighting on consumers' emotional states, preferences and behavioral intentions*. University of Florida.
- Pardo, P. J., Pérez, A. L., & Suero, M. I. (2007). An example of sex-linked color vision differences. *Color Research & Application*, 32, 433-439.
- Park, B. C., Chang, J. H., Kim, Y. S., Jeong, J. W., & Choi, A. S. (2010). A Study on the Subjective Response for Corrected Colour Temperature Conditions in a Specific Space. *Indoor and Built Environment*, 19, 623-637.
- Park, N.-K., & Farr, C. A. (2007). The Effects of Lighting on Consumers' Emotions and Behavioral Intentions in a Retail Environment: A Cross-Cultural Comparison. *Journal of Interior Design*, 33, 17-32.
- Park, N., Pae, J., & Meneely, J. (2010). Cultural Preferences in Hotel Guestroom Lighting Design. *Journal of Interior Design*, 36, 21-34.

- Parsons, K. (2000). Environmental ergonomics: a review of principles, methods and models. *Applied Ergonomics*, 31, 581-594.
- Pévet, P. (1998). Mélatonine et rythmes biologiques. *Thérapie*, 53, 411-420.
- Pennartz, P. J. J., & Elsinga, M. G. (1990). Adults, Adolescents, And Architects. Differences in perception of the urban environment. *Environment and Behavior*, 22, 675-714.
- Pizam, A., & Ellis, T. (1999). Customer satisfaction and its measurement in hospitality enterprises. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 11, 326-339.
- Pousset, N. (2009). *Caractérisation du rendu des couleurs des nouvelles sources: les diodes électroluminescentes (LED)*. Conservatoire national des arts et métiers Paris.
- Purves, D., Augustine, G.-J., Fitzpatrick, D., & Hall, W.-C. (2005). *Neurosciences*. Paris : De boeck University.
- Quartier, K., Christiaans, H., & Van Cleempoel, K. (2008). Retail design: Lighting as an atmospheric Tool, creating Experiences which influence Consumers' Mood and Behaviour in Commercial Spaces. In D. Durling, C. Rust, L. Chen, P. Ashton and K. Friedman (eds.), *Proceedings of Design Research Society Conference*, pp. 216/1-216/14, ISBN: 978-1-84387-293-1. Sheffield, UK: Sheffield Hallam University.
- Quellman, E., Boyce, P., & Berman, S. (2002). The light source color preferences of people of different skin tones. Discussions. Authors' reply. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 31, 109-118.
- Rapoport, A. (1982). *The meaning of the built environment: A nonverbal communication approach*. University of Arizona Press
- Rea, M. (1982). Calibration of subjective scaling responses. *Lighting Research and Technology*, 14, 121.
- Rea, M. S. (1993). *Lighting handbook: Reference and application* (8e édition ed.). New York.
- Roulet, C. A. (2004). *Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments* (Vol. 22): PPUR.
- Rowlands, E., Loe, D., McIntosh, R., & Mansfield, K. (1985). Lighting adequacy and quality in office interiors by consideration of subjective assessment and physical measurement. *CIE Journal*, 4, 23-37.
- Rutes, W., Penner, R., & Adams, L. (2001). *Hotel design, planning, and development*. New York : WW Norton & Company.
- Sabadie W.(2001), Contribution à la mesure de la qualité perçue d'un service public, Thèse de Sciences de Gestion, Université des Sciences Sociales de Toulouse, Décembre 2001.
- Saunders, J. E. (1969). The role of the level and diversity of horizontal illumination in an appraisal of a simple office task. *Lighting Research and Technology*, 1, 37-46.
- Schreuder, D. (2008). The human observer; physical and anatomical aspects of vision. In *Outdoor lighting: physics, vision and perception*. Berlin: Springer Science.

- Sheppard, S. R. J., & Sheppard, S. (1989). *Visual simulation: A user's guide for architects, engineers, and planners*: Van Nostrand Reinhold.
- Siguaw, J., & Enz, C. (1999). Best practices in hotel architecture. *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 40, 44-49.
- Slatter, P. E., & Whitfield, T. W. A. (1977). Room function and appropriateness judgements of color. *Perceptual and Motor Skills*, 45, 1068-1070.
- Spreckelmeyer, K. F. (1993). Office Relocation and Environmental Change. A case study. *Environment and Behavior*, 25, 181-204.
- Stern, A. L., MacRae, S., Gerteis, M., Harrison, T., Fowler, E., Edgman-Levitan, S., et al. (2003). Understanding the consumer perspective to improve design quality. *Journal of Architectural and Planning Research*, 20, 16-28.
- Taillet, R., & Villain, L. (2009). *Dictionnaire de physique* (2e ed. Vol. 67). Bruxelles: De Boeck.
- Tarczali, T., Bodrogi, P., & Schanda, J. (2001). Colour rendering properties of LED sources. *Red*, 100, 22.
- Thapa, D. (2007). *Hotel lobby design: study of parameters of attraction*. Texas Technology University.
- Tiller, D., & Veitch, J. (1995). Perceived room brightness: Pilot study on the effect of luminance distribution. *Lighting Research & Technology*, 27, 93-101.
- Tiller, D. K. (1990). Towards a deeper understanding of psychological aspects of lighting. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 19, 155-160.
- Tiller, D. K., & Rea, M. S. (1992). Semantic differential scaling: Prospects in lighting research. *Lighting Research and Technology*, 24, 43-51.
- Tiller, D. K., & Saint-Martin, L. (1994). Qualité de l'éclairage. In *Éclairage optimal, consommation énergétique minimale*. Canada.
- Tse, E. C.-Y., & Ho, S.-C. (2009). Service Quality in the Hotel Industry: When Cultural Contexts Matter. *Cornell Hospitality Quarterly*.
- Turner, P. L., & Mainster, M. A. (2008). Circadian photoreception: ageing and the eye's important role in systemic health. *British Journal of Ophthalmology*, 92, 1439-1444.
- van Bommel, W. J. M. (2006). Non-visual biological effect of lighting and the practical meaning for lighting for work. *Applied Ergonomics*, 37, 461-466.
- Van Erp, T. (2008). *The effects of lighting characteristics on atmosphere perception*. Eindhoven University of Technology, Eindhoven.
- Van Trigt, C. (1999). Color rendering, a reassessment. *Color Research & Application*, 24, 197-206.
- Veitch, J. A. (1993). The psychology behind right light choices: Review and research agenda. In (pp. 796-811).
- Veitch, J. A. (2000). Lighting guidelines from lighting quality research. In *CIBSE/ILE Lighting 2000 Conference* (pp. 56-63). New York.

- Veitch, J. A. (2001). Psychological processes influencing lighting quality. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 30, 124-140.
- Veitch, J. A. (2011). Workplace design contributions to mental health and well-being. *HealthcarePapers*, 11, 38-46.
- Veitch, J. A., Gifford, R., & Hine, D. W. (1991). Demand characteristics and full spectrum lighting effects on performance and mood. *Journal of Environmental Psychology*, 11, 87-95.
- Veitch, J. A., Hine, D. W., & Gifford, R. (1993). End-users' knowledge, beliefs and preferences for lighting. *Journal of Interior Design*, 19, 15-26.
- Veitch, J. A., & Kaye, S. M. (1988). Illumination effects on conversational sound levels and job candidate evaluation. *Journal of Environmental Psychology*, 8, 223-233.
- Veitch, J.A. and McColl (1994). Full-spectrum fluorescent lighting effects on people: a critical review. In J.A. Veitch (Ed.) *Full-spectrum lighting effects on performance, mood, and health*. (IRC-IR-659, pp 53-11). Ottawa, ON: National Research Council of Canada, Institute for Research in Construction.
- Veitch, J. A., & McColl, S. L. (2001). A critical examination of perceptual and cognitive effects attributed to full-spectrum fluorescent lighting. *Ergonomics*, 44, 255-279.
- Veitch, J. A., & Newsham, G. R. (1996). Determinants of lighting quality I: State of the science. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 27, 92-106.
- Veitch, J. A. and G.R. Newsham (1997). Determinants of lighting quality II: Research and recommendations. Paper presented at the 104<sup>th</sup> Annual Convention of the American Psychological Association, Toronto, Canada, August 12, 1996.
- Veitch, J. A., & Newsham, G. R. (1998). Lighting quality and energy-efficiency effects on task performance, mood, health, satisfaction, and comfort. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 27, 107-129.
- Viénot, F. (2008). La qualité de la lumière blanche obtenue par les leds. In P. Mottier (Ed.), *Les diodes électroluminescentes pour l'éclairage*. Paris: Hermès - Lavoisier.
- Viénot, F., Bailacq, S., & Rohellec, J. L. (2010). The effect of controlled photopigment excitations on pupil aperture. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 30, 484-491.
- Viénot, F., Durand, M. L., & Mahler, E. (2009). Kruithof's rule revisited using LED illumination. *Journal of Modern Optics*, 56, 1433-1446.
- Villa, C., & Labayrade, R. (2012). Multi-objective optimisation of lighting installations taking into account user preferences – a pilot study. *Lighting Research and Technology*, Under Press.
- Vogels, I. M. (2008). Atmosphere Metrics, Development of a Tool to Quantify Experienced Atmosphere Probing Experience. In J. H. D. M. Westerink, M. Ouwerkerk, T. J. M. Overbeek, W. F. Pasveer & B. Ruyter (Eds.), *Probing experience: From assessment of user emotions and behaviour to development of products* (Vol. 8, pp. 25-41). Netherlands: Springer.
- Weil-Barais, A. (2001). *L'homme cognitif* (6e ed. Vol. 1). Paris : PUF

- Winterbottom, M., & Wilkins, A. (2009). Lighting and discomfort in the classroom. *Journal of Environmental Psychology*, 29, 63-75.
- Zuckerman, M., & Lubin, B. (1985). The Multiple Affect Adjective Check List-Revised: Manual. *San Diego, CA: Educational and Industrial Testing Service*.
- Zuppiroli, L. and Bussac, M. (2001). *Traité des Couleurs*. Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Zuppiroli, L. and Bussac, M. (2009). *Traité de la Lumière*. Presses polytechniques et universitaires romandes.

## **LA PERCEPTION DES ENVIRONNEMENTS LUMINEUX DE CHAMBRES D'HÔTEL**

### **Effets de l'éclairage, de l'usage et des caractéristiques individuelles sur le jugement d'appréciation en situation réelle**

Compte tenu des évolutions technologiques et réglementaires actuelles, l'apparition de la technologie LED décuple les possibilités de conception d'environnements lumineux adaptés aux attentes et besoins des usagers. Bien qu'ingénieurs et architectes accordent une importance croissante à la qualité de l'éclairage, peu d'éléments fondamentaux de l'environnement lumineux ont été scientifiquement identifiés au regard des attentes des clients dans le secteur de l'hôtellerie.

Dans ce contexte, notre projet de recherche vise à mieux comprendre la perception des environnements lumineux de chambres d'hôtel du point de vue de l'utilisateur, le client de l'hôtel lui-même. Nous faisons l'hypothèse que l'évaluation d'un environnement lumineux dépend à la fois des caractéristiques physiques de l'éclairage, de la situation dans laquelle il est perçu ainsi que des caractéristiques individuelles des usagers qui le perçoivent.

Une méthodologie en trois phases a été construite pour tester cette hypothèse et accéder au jugement d'appréciation des usagers d'une chambre d'hôtel en situation réelle. La première phase de ce programme de recherche a permis de mettre en évidence l'importance que le client accorde à la lumière en fonction des situations d'usage qui ponctuent son séjour à l'hôtel, telles que la situation de détente ou de travail. La deuxième phase du programme a conduit à la sélection des paramètres de l'éclairage pertinents dans la conception d'environnements lumineux de chambres d'hôtel, fondée sur les préférences de la clientèle. La troisième et dernière phase a permis de mesurer l'influence de la situation d'usage sur l'évaluation des environnements lumineux variables en termes de niveaux de lumière (30% et 100% du flux) et de températures de couleur (2700 K, 4200 K).

Les résultats de cette étude ont montré que les environnements lumineux préférés des usagers sont caractérisés par une teinte chaude et une faible quantité de lumière lors d'une situation de détente, contrairement à une situation de travail où une teinte chaude et une forte quantité de lumière des environnements lumineux sont préférées. Des différences dans les caractéristiques individuelles, telles que le genre et l'âge, modulent les jugements d'appréciation.

De plus, notre projet de recherche porte un enjeu méthodologique, celui de la construction d'un dispositif expérimental permettant la formulation et le recueil du jugement d'appréciation des usagers, relatif à l'environnement lumineux d'une chambre d'hôtel dans un contexte écologique.

**Mots clés :** Qualité de l'éclairage, éclairement, température de couleur, jugement d'appréciation, usagers, chambre d'hôtel, analyse de discours, modélisation 2D, situation réelle

## **PERCEPTION OF LUMINOUS ENVIRONMENTS OF HOTEL ROOMS**

### **Effect of lighting, use and individual characteristics on the judgment in real situations.**

Given the current changes in technologies and regulations, the emergence of LED technology multiplies the possibilities of designing indoor and outdoor luminous environments adaptable to user's needs and expectations. Although engineers and architects care about lighting quality, few fundamental elements of luminous environments have been evidenced as important regarding customers' expectations in the hospitality.

In this context, our thesis aimed at better understanding the perception of light environments in hotel rooms from a users' perspective, the hotel customer itself. We assumed that the judgment of appreciation of a luminous environment depended on its lighting parameters, but also the situation during which the luminous environment was perceived and the individual characteristics of the users who perceived it.

A three-step methodology was designed to test this hypothesis and to retrieve the judgment of appreciation of the users under a real situation in a hotel room. The first phase of this research program highlighted the importance attached by customers to light depending on the activities undertaken during his/her stay, such as a situation of leisure or a situation of work. The second enabled the selection of the relevant lighting parameters to design a luminous environment in a hotel room based on customers' preferences. The third phase was set out to measure the influence of the situation on the assessment of appreciation of luminous environments varying in terms of illuminance (30% of luminous flux vs 100%) and color temperature (2700K, 4200K).

Overall, the users preferred the luminous environment characterized by warm white and dim light while relaxing, whereas they preferred a warm white and bright light when working. Differences in individual characteristics like age and gender influenced the assessment of appreciation.

Moreover, the methodological issue of our project was to develop an experimental device allowing the formulation and the collection of the users' assessments of appreciation regarding luminous environments in a hotel room under an ecological context.

**Key Words:** Lighting quality, illuminance, colour temperature, judgment, users, hotel room, discourse analyses, bidimensional rendering images, real situation